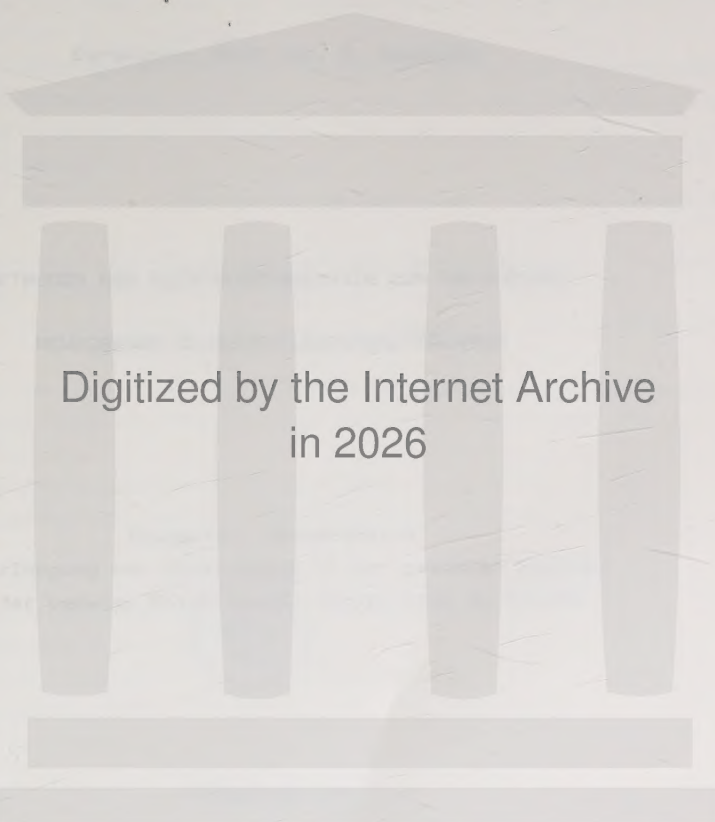


**METHODEN DER ELEKTROSTIMULATION
ZUR BEHANDLUNG NEUROGENER
BLASENENTLEERUNGSSTÖRUNGEN**

Hildegund Dürr

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555611_0091

AUS DER UROLOGISCHEN KLINIK UND POLIKLINIK

DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. E. Schmiedt

METHODEN DER ELEKTROSTIMULATION ZUR BEHANDLUNG

NEUROGENER BLASENENTLEERUNGSSTÖRUNGEN

Inaugural- Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig- Maximilians- Universität zu München

vorgelegt von

HILDEGUND DÜRR

aus

Ebingen

1975

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. E. Elsässer

Mitberichterstatter: Prof. Dr. E. Schmiedt

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 20.7.1976



INHALT

	Seite
Einleitung.....	1
A Anatomie und Physiologie der normalen Blase.....	2
I Detrusor und Trigonum.....	2
II Der Blasenverschlußapparat.....	3
III Die Innervation der Blase.....	5
IV Die Erregung des Detrusors.....	8
V Die Kontinenz.....	9
VI Die Miktion.....	10
B Die neurogenen Funktionsstörungen der Harnblase.....	11
I Das Initialstadium.....	11
II Das Sekundärstadium.....	12
C Elektrostimulation bei neurogener Retention	16
I Warum Elektrostimulation bei neurogener Retention.	16
II Methodik.....	18
III Elektrostimulation im Tierversuch.....	31
IV Klinische Anwendung (am Menschen).....	39
D Diskussion.....	43
I Beurteilung der Stimulation der peripheren Blasennerven.....	43
II Beurteilung der direkten Detrusorstimulation.....	44
III Vergleich Oberflächenstimulation / intramurale Stimulation.....	45
IV Vergleich direkte Detrusorstimulation / peri- phäre Blasennervenstimulation.....	46
V Beurteilung der ausflußverbessernden Maßnahmen....	46
VI In welchem Krankheitsstadium ist Elektrostimula- tion am günstigsten?.....	46
VII Welche Läsionen und Krankheiten sind für die Elektrostimulation geeignet?.....	47

	Seite
E Elektrostimulation bei neurogener Inkontinenz.....	58
I Methodik.....	58
II Ergebnisse.....	62
III Diskussion.....	62
Zusammenfassung.....	64
Literaturverzeichnis.....	66
Lebenslauf.....	88

Einleitung

Schon seit über 15 Jahren wird versucht, in Fällen gestörter Blaseninnervation die fehlenden nervösen Impulse für eine regelrechte Miktion durch Elektrostimulation der Harnblase zu ersetzen.

Während jedoch die Elektrostimulation des Herzens mit dem sogen. Herzschrittmacher eine bereits weitgehend standardisierte Methode ist, ist bis jetzt noch keine befriedigende Form der elektrischen Blasenstimulation gefunden worden.

Die Ergebnisse von diesbezüglichen Tierversuchen einzelner Arbeitsgruppen lassen zwar den Schluß zu, daß die elektrische Induktion einer Blasenentleerung prinzipiell möglich ist; die Entleerungen sind jedoch meist unvollständig und von störenden Nebenwirkungen begleitet. Auch erste Anwendungen an Menschen haben bis jetzt nur in Einzelfällen zu befriedigenden Ergebnissen geführt.

Die vorliegende Arbeit will einen Überblick über die bisher angewandten Methoden der elektrischen Blasenstimulation und ihre Erfolge geben.

A Anatomie und Physiologie der normalen Blase

I Detrusor und Trigonum:

Beide bestehen aus glatter Muskulatur, unterscheiden sich jedoch bezüglich der Innervation: der Detrusor ist parasympathisch motorisch innerviert, das Trigonum sympathisch. Die Detrusormuskulatur ist nicht in 3 Lagen angeordnet, wie sie traditionell beschrieben wurde (Bro-Rasmussen et al 1965, Smith 1968), sondern sie besteht aus einem Netzwerk von Muskelbündeln, die oft die Verlaufsrichtung wechseln, sich überkreuzen, untereinander vermischen, und die durch alle 3 "Schichten" verfolgt werden können (Griffiths 1891, Hunter 1954, Woodburne 1960, Nyo 1969, Burghel u. Ichim 1970, 1972, Bors u. Comarr 1971). Nach Bors u. Comarr (1971) erklärt diese Struktur, warum unilaterale Nervenimpulse ausreichen, um den menschlichen Detrusor zur Entleerung zu bringen.

Der Detrusor hat eine Doppelfunktion als Reservoir- und Austreiborgan. Zusammen mit dem elastischen Bindegewebe der Submucosa besitzt er durch Veränderung seiner Tonuslage sowohl die Eigenschaft, sich ohne erheblichen Anstieg des intravesikalen Druckes verschiedenen Inhaltsvolumina anzupassen, als auch, sich bei der Miktion maximal zu kontrahieren.

Die Muskelfasern des Trigonums sind feiner und kompakter als die des Detrusors, und sie enthalten viele Kollagenfasern (Tanagho et al 1968). In seine beiden lateralen Winkel münden die Ureteren.

Auch das Trigonum hat eine Doppelfunktion. Während der Ruhephase trägt es passiv mit seiner Spitze zum Verschluss des Blasenhalses bei, bei der Miktion hilft es aktiv mit, diesen durch trichterartige Verformung zu öffnen (Hutch 1972).

II Der Blasenverschlußapparat:

Dazu gehören der Blasenhals und die äußere Blasenschließmuskulatur (Abb.1). Am Blasenhals wurden drei Schlingen beschrieben: eine ventrale, nach dorsal konkave Schlinge (Griffiths 1891, Heiß 1915, Tanagho u. Smith 1966, Tanagho et al 1968, Woodburne 1967, 1968, Nyo 1969, Miyoshi 1967), die von Hutch (1971) als "Detrusorschlinge" bezeichnet wurde. Eine Gegenschlinge, die den posterioren Blasenfundus umschlingt, und ihn nach vorne und unten ziehen soll, wurde von Vernet (1960) und Woodburne (1967) beschrieben, und eine dritte, nach vorne konkave Schlinge um das orificium urethrae internus, die dieses während der Miktion nach oben ziehen soll, von Bro- Rasmussen et al (1965).

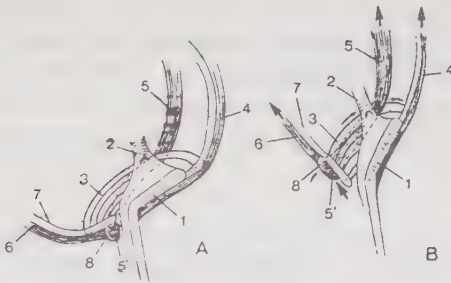


Abb. 1: Schema der Blasenauslaß- und Trigonalmuskulatur.

A: Blasenauslaß geschlossen-- Ruhezustand.

B: Blasenauslaß geöffnet-- während Miktion.

(1: Trigonum; 2: Waldeyer'sche Ureterscheide; 3. mittlere Ringmuskelschicht der Basisplatte; 4,5,6:sagittale Muskelzüge der äußeren Blasenmuskulatur zur Steilstellung des Trigons während der Miktion; 7: innerer Blasenlängsmuskel; 8. präzervikaler Sehnenbogen zur Insertion von 5 u.6)

(nach J. A. Hutch)

'aus: Elsässer, E.' (1974)

Hutch (1971) entdeckte die wichtige Funktion des "präzervikalen Sehnenbogens", des festen, fibrösen Ansatzpunktes der vorderen äußeren Längsmuskelschicht und der Detrusorschlinge am vorderen Blasenhalshals. Er umringt das vordere 1/3 des Blasenhalshalses.

Unter dem "Sphinkter vesicae internus" versteht man die ringförmig angeordneten, sich kreuzenden Bündel von glatten Muskelfasern um den meatus internus urethrae (Nyberg-Hansen 1966). Im Gegensatz zum weichen Detrusormuskel ist er ein fester Muskel (Bors u. Comarr 1971). Über die Funktion dieses Sphinkters gibt es verschiedene Auffassungen:

- a) Die zirkulären Fasern bilden einen echten Sphinktermuskel (Versari 1897, Denny-Brown 1936, Vernet 1960).
- b) Sie sind kein echter anatomischer Sphinkter, aber sie haben diese Funktion (Heiß 1915, Wesson 1920, Mc Crea 1926, Clegg 1959, Tanagho and Smith 1966, Burghelle u. Ichim 1970, Scher 1950)
- c) Sie haben keine Sphinkterfunktion (Le Gros Clark 1883, Griffiths 1891, Lapidus 1958, Woodburne 1960, Bro-Rasmussen et al 1965).

Als wahrscheinlichste Theorie wird heute allgemein die von Hutch (1971) akzeptiert: Er konnte beweisen, daß die Funktion eines Blasenschließmuskels von der "Basisplatte", einem den Blasenaustritt umringenden Gebilde aus Muskel und elastischem Bindegewebe, übernommen wird. Während der Füllungsphase ist dieses eine ebene Fläche, während der Miktionsseinleitung wird es trichterförmig. Die Verformung der "Basisplatte" ist durch die innere und äußere longitudinale Muskelschicht der Blase sowie durch Kontraktion des Trigonums bedingt.

Zu den äußeren Blasenschließmuskeln gehören die Beckenbodenmuskulatur und der Sphinkter urethrae externus. Sie sind alle quergestreifte, willkürlich innervierte Skelettmuskeln. Der Sphinkter externus umgibt die Urethra hufeisenförmig an der Stelle, an der sie durch das Diaphragma urogenitale geht. Er wird vom N. Pudendus innerviert. Die Beckenbodenmuskulatur und der Sphinkter externus dienen dem aktiven Verschuß der Urethra.

Der Sphinkter externus ist funktionell und synchron an die übrigen Muskeln des Beckenbodens gekoppelt (Bors 1952). Bei Beendigung der Miktion findet eine Kontraktion des ganzen Beckenbodens statt (Bors 1952, Muellner 1958). Nach n. pudendus- Durchtrennung resultiert keine Inkontinenz (Wertheimer u. Michon 1928, Davis et al 1961), sodaß die Funktion des Sphinkter externus in der Kontinenzerhaltung noch umstritten ist.

III Die Innervation der Blase

Der Füllungs- und Entleerungsvorgang der Harnblase wird durch viele verschiedene Reflexe, und auch teilweise willkürlich, gesteuert (Abb.2).

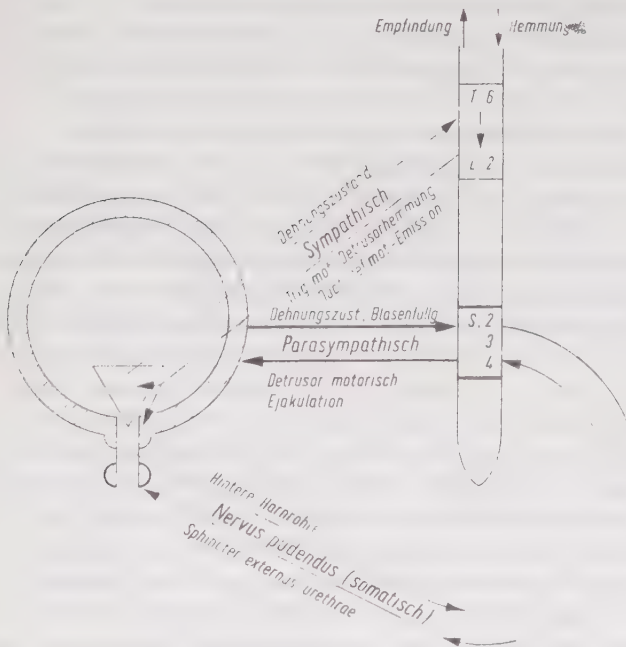


Abb. 2: Schema zur Blaseninnervation
(modifiziert nach Ross 1960)

1) Das spinale parasymphatische Miktionsreflexzentrum:

Es liegt im nucleus intermediolateralis des Rückenmarks in der Höhe von S 2 - S 4 . Die präganglionären Nervenfasern treten mit den Vorderwurzeln von S 2 - S 4 aus, verlaufen zusammen als nn. pelvici, um dann mit den sympathischen nn. hypogastrici den Plexus pelvicus an der lateralen Seite des Rektums zu bilden. Zusammen mit den sympathischen Fasern treten sie in die Wand des Detrusors ein, wo die Synapsen mit dem postganglionären Neuron liegen. Der afferente Schenkel des Reflexbogens entstammt Dehnungsrezeptoren der Blasenwand, und läuft über die hinteren Sakralwurzeln ins Rückenmark (Iggo 1955, Kleyntjens u. Langworthy 1937). Der adäquate Reiz zur Auslösung des Reflexes ist Dehnung der Blasenwand (Burghelle u. Ichim 1970)

2) Das spinale sympathische Sphinkterreflexzentrum:

Es liegt im nucleus intermedio-lateralis in Höhe von Th 11- L 2 (Bors u. Comarr 1971, Nyberg- Hansen 1966). Die sympathischen präganglionären Fasern treten mit den Vorderwurzeln von Th 10 - L 3 aus, folgen dem Truncus sympathicus bis zur Umschaltung auf das postganglionäre Neuron im Ggl. mesentericum inf., ziehen dann im n. hypogastricus zum Plexus pelvicus, und von dort in die Blase, Detrusor und Trigonum, Uretermündung, orificium urethrae int., Samenblasen und Prostata. Der afferente Schenkel des Reflexbogens entstammt Rezeptoren der Blasenmucosa, des Blasenperitoneums und Blutgefäßen und erreicht über verschiedene Nerven das sensible Neuron über die Hinterwurzeln L 2 - Th 10. Über ein Zwischenneuron stehen sie mit dem adrenergischen motorischen Neuron in Verbindung.

3) Das somatische Reflexzentrum des quergestreiften Sphinkters:

Dieses liegt im Vorderhorn des Rückenmarks in Höhe von S 3 - S 4. Die Axone der motorischen Neurone verlaufen mit der 3. und 4. vorderen Sakralwurzel und den nn. pudendi zum quergestreiften Sphinkter externus. Der afferente Schenkel des Reflexbogens stammt aus Rezeptoren der Schleimhaut der Urethra posterior.

4) Die motorische Innervation des Detrusors (des Blasenanteils entodermalen Ursprungs):

Sie erfolgt über die parasympathischen nn. pelvici. Nach deren Umschaltung in den Ganglien verzweigen sich die nn. pelvici sehr weitläufig (autonomer Grundplexus) (Stöhr 1926). Die nn. pelvici sind streng unilateral verteilt (Graber u. Rutishauser 1972).

Über die Rolle des sympathischen Nervensystems am Detrusor herrschen verschiedene Auffassungen: Nach Bors u. Comarr (1971) und Hamberger u. Norberg (1965) sind sympathische Nervenfasern nur an Trigonum, Ureterenmündung und Muskeln des Blasenhalsses vertreten, während Nyberg- Hansen (1966) eine Verteilung im ganzen Detrusormuskel annimmt. Das sympathische Nervensystem spielt nach Learmonth (1931) eine Rolle, weil es den Detrusor hemmen soll, demgegenüber berichten Ingersoll, Jones und Hegre (1954) und Hegre u. Ingersoll (1949) über Kontraktion mit darauffolgender Erschlaffung durch symp. Reizung.

5) Die motorische Innervation des Trigonums, des Blasenhalsses, und der Uretermündungen (der Blasenanteile mesodermalen Ursprungs):

Diese erfolgt über die sympathischen nn. hypogastrici. Jedoch wird die Blasenfunktion beim Menschen selbst bei Sympathektomie nicht beeinträchtigt (Hofmann 1969, Hutch u. Amar 1969). Beim Hund resultiert daraus jedoch vesiko-ureteraler Reflux (Hald 1969).

6) Innervation des Sphinkter externus und des Beckenbodens:

Die motorische Innervation des Sphinkter externus erfolgt über die nn. pudendi. Die Aktion dieses Sphinkters ist mit der des glatten Detrusormuskels koordiniert. So kann er nicht willkürlich, unabhängig von der Detrusorkontraktion erschlaffen, aber er kann während der Detrusorkontraktion willkürlich ebenfalls kontrahiert werden, sodaß die in Gang befindliche Miktion unterbrochen wird. Der Sphinkter ext. öffnet sich nur, wenn der Blasenhals geöffnet ist (Denny-Brown u. Robertson 1933a). Bors zeigte 1952, daß ein n.

puddendus- Block bei Paraplegikern zu Erschlaffung des Blasen-
halses führt. Eine Durchtrennung der nn. pudendi am Menschen
resultiert in Erschlaffung der gesamten Urethra posterior
und des Sphinkter ext. (Damanski u. Kerr 1957). Bei Stimu-
lation des intakten wie auch des durchtrennten distalen En-
des des n. pudendus bekommt man Kontraktionen des Beckenbo-
dens und des Sphinkter ext. (Bors 1952, Bors u. Comarr 1971).

7) Blasenregulatorische Hirnzentren:

Übergeordnete cerebrale Zentren steuern die Rückenmarks-
zentren (Lit. s. Burghelle u. Ichim 1970).

IV Die Erregung des Detrusors

Bozler (1948) teilte die glatte Muskulatur in zwei Kategorien
ein: in "multi-unit"- Muskulatur, bei der die Erregung durch
Nervenleitung erfolgt, und in "unitary"- Muskulatur, bei der
die Erregung von einer Muskelfaser zur anderen elektrisch
erfolgt. Die Blase weist Eigenschaften von beiden Katego-
rien auf, nimmt somit eine Intermediärstellung ein.

Der Erregungsmechanismus ist eine Kombination von Nervenlei-
tung und elektrischer Erregungsleitung (Prosser 1962, 1967).
Eine kleine Anzahl von Muskelzellen, die Schrittmacherzellen,
stehen mit motorischen Nerven in Verbindung. Die übrigen
Muskelzellen werden durch elektrische Stromausbreitung von
diesen Zellen erregt (Abb. 3). Die Schrittmacherzellen wer-
den von einer Überträgersubstanz, die von den Endigungen
der motorischen Nervenzellen freigesetzt wird, depolari-
siert (Bennet u. Rodgers 1967, Burnstock u. Holman 1961).
Früher nahm man an, daß dies Acetylcholin sei, jetzt nimmt
man eine andere, chemisch noch nicht identifizierte Über-
trägersubstanz an (Ambache u. Abou Zar 1970).

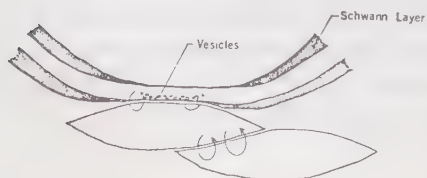


Abb. 3. Die Inner-
vationsart des Detru-
sormuskels.

Aus: Timm, G. W.
and W. E. Bradley
(1971)

Die Depolarisation, die zur elektrischen Erregungsausbreitung führt, erfolgt auch durch Dehnung (Ursillo 1961). Zwischen zwei benachbarten Zellen wurden Verbindungsbrücken (Nexus) gefunden (Dewey and Barr 1964), die als Verbindungsweg mit niedrigem Widerstand für den interzellulären Stromfluß dienen.

Das Verhältnis innervierte: nicht innervierte Zellen ist niedrig (Fletcher et al 1969, Fletcher u. Bradley 1969).

Im Detrusormuskel herrscht ein funktionelles Leitsystem (Conway u. Bradley 1969, Timm et al 1969). Die Erregung entsteht in der dorsalen Blasengegend und breitet sich von dort nach ventral, lateral und caudal mit einer Geschwindigkeit von 1cm/sec aus. Der Detrusormuskel kontrahiert sich, während Trigonum und die Gegend des Urethraabganges erschlaffen.

Das Bestreben der Elektrostimulation der Blase sollte es sein, dieses Leitsystem nachzuahmen.

V Die Kontinenz

Vielerlei Faktoren wirken synergistisch, um die Kontinenz zu erhalten. Zwischen den Miktionen wird der Detrusor reflektorisch an der Kontraktion gehemmt durch den "Speicherreflex" der Medulla oblongata (Kuru 1967, Burghel u. Ichim 1970). Viele Patienten mit neurogener Funktionsstörung der Blase zeigen Anzeichen von ungenügender Detrusorhemmung (ungehemmte neurogene Blase, aktive Harninkontinenz).

In der Ruhephase drückt die "Basisplatte" die Spitze des Trigonums nach vorne, in die Konkavität der "Detrusorschlinge", deren Kraft nach rückwärts gerichtet ist (Hutch 1971). Bei starker Füllung kommt es durch einen sympathischen Reflex zur aktiven Kontraktion des "Sphinkter internus" (Burghel u. Ichim 1970, 1972).

Auch die Urethra wirkt maßgebend bei der Kontinenzhaltung mit. Ihr Druckprofil hat in Ruhebedingungen im Bereich des Sphinkter ext. einen eindeutig höheren Tonus als der Blasen-

druck (Sph. ext.- Wirkung). (Graber u. Rutishauser 1972, Enhörning 1961, Zinner u. Ritter 1967). Nach Grieve (1967) beträgt der Druck der Blase in Ruhe beim normalen Menschen 10 - 20 mm Hg gegenüber 20 - 45 mm Urethradruck. Dieser Druckunterschied ist ein Faktor der Kontinenzhaltung (Hock 1951). Im Gegensatz zu Burghelle u. Ichim (1970) messen Hock (1951) und Lapidès et al (1955, 1957) dem Sphinkter externus keine große Bedeutung in der Kontinenzhaltung bei. Druckstöße, die wie beim Husten die Blase treffen, breiten sich im gesamten Abdomen gleichmäßig nach allen Richtungen aus, und führen dadurch nicht nur in der Blase, sondern gleichzeitig auch in der proximalen Harnröhre, oberhalb des Beckenbodens, zu parallelen Druckerhöhungen (Graber u. Rutishauser 1972).

VI Die Miktion

Während beim Säugling die Miktion ein reiner Reflexvorgang ist, kommt es mit fortschreitender Markscheidenbildung allmählich zur Unterdrückung des Sakralreflexes durch hemmende cerebrale Impulse (Smith 1968), und zur willkürlichen Kontrolle über die Detrusorfunktion im Alter von 2 1/2 - 4 J. (Bors 1957). Die willkürliche Entleerung besitzt nur der Mensch (Muellner 1958).

Zu Beginn der Miktion erschlafft der Beckenboden (Zinner u. Ritter 1967) und die Blase senkt sich. Für Muellner (1958) ist dieses Tiefertreten der Blase der Stimulus für die Kontraktion des Detrusors, für Kuntz (1965) und Smith (1968) ist dies die Aufhebung von hemmenden Impulsen.

Der gesamte Detrusor kontrahiert sich aktiv, dadurch werden die vordere und hintere Hälfte der "Basisplatte" "gebrochen", und der "Sphinkter internus" geöffnet (Hutch 1971). Die horizontal-ovale Blase wird kugelig, vertikal, der Blasen Hals öffnet sich trichterförmig, und der "Sphinkter externus" öffnet sich durch Reflexhemmung vom spinalen Blasenzentrum (Bors u. Comarr 1971).

Die gesunde Blase entleert sich restharnfrei (Bors 1957). Gesunde Menschen können die Miktio n stoppen, bevor die Blase leer ist, durch willkürliche Kontraktion des ganzen Beckenbodens. Am Ende der Entleerung sistiert die Detrusorkontraktion, da der Reflex für die Unterhaltung der Miktio n fehlt (Roussy u. Rossi 1908). Der Sphinkter externus schließt sich aktiv.

B Die neurogenen Funktionsstörungen der Harnblase

Neurogene Funktionsstörungen der Blase kann man definieren als Funktionsstörung des unteren Urintraktes aufgrund von anatomischen Läsionen der zentralen oder peripheren Nerven (Guttmann 1969). Diese Definition schließt funktionelle Miktionsstörungen wie Enuresis und psychologische Retention und zu häufige Entleerungsfrequenz aus, bei denen keine anatomische Läsion entdeckt werden kann (Margolis 1965).

Die neurologischen Läsionen, die neurogene Funktionsstörungen zur Folge haben, können überall vom Cortex bis zur Blase liegen (Bors 1957). Für die vorliegende Arbeit sind jedoch nur Läsionen, die die Rückenmarksbahnen oder die peripheren Nerven betreffen, von Interesse. Die häufigsten derartigen Läsionen entstehen durch traumatische Rückenmarksläsionen. An Hand der verschieden hoch lokalisierten Läsionen lassen sich die verschiedenen Formen der Blasenentleerungsstörungen wie am Modellversuch studieren:

I Das Initialstadium (spinaler Schock)

Bei der akuten Leitungsunterbrechung des Rückenmarks ist die Blase in einem Stadium der Reflexlosigkeit (spinale Schockphase). Der Miktionsreflex ist vollständig verschwunden. Die willensmäßige Beeinflussung der Blase ist infolge des Ausfalls der übergeordneten zentralen Steuerung durch das Gehirn unmöglich (Guttmann 1971). Wenn die Läsion komplett ist, geht dem Kranken das Wahrnehmungsvermögen hinsichtlich des

Füllungszustandes der Blase verloren, weil die sensiblen Nervenbahnen auch geschädigt sind (Gibbon 1966, Smith 1968). Als Folge der schlaffen Detrusorlähmung kommt es zur Harnverhaltung. Bei zunehmender und lang anhaltender Blasenfüllung kommt es zu einer Atonie der Blasenwand, wenn ihre Überdehnung nicht durch künstliche Entleerung rechtzeitig verhindert wird. Es kommt zur Überlaufblase (Guttmann 1971), oder atonischen neurogenen Blase (Kuntz 1965). Die spinale Schockphase kann Wochen bis Monate dauern (Smith 1968). In der Regel kommt die Reflexrückkehr bei Läsionen oberhalb Th 10-11 nach 2 - 6 Monaten (Guttmann 1971).

II Das Sekundärstadium

Die Höhe und die Natur der Rückenmarksläsion spielen für die pathophysiologischen Vorgänge eine ausschlaggebende Rolle. Nach Bors (1957) wird die Einteilung der neurogenen Blasenstörungen auf der Basis der Topographie der Nervenläsion vorgenommen. Man unterscheidet hauptsächlich die folgenden Typen: 1) "Obere neurogene Blase", upper motor neuron lesion (UMNL) nach Bors (1957).

Diese Läsionen können komplette oder inkomplett sein, werden nach der Menge des Restharns als "ausgeglichen" (balanced), oder "unausgeglichen" (imbalanced) bezeichnet.

Ätiologie: Diese Läsionen sind oft traumatischer Genese (Bors 1957, Bors u. Comarr 1971, Smith 1968), kommen aber auch bei Multipler Sklerose (Miller et al 1965, Tarabulcy 1970, Damski 1968), Rückenmarkstumoren (Bors 1957, Ross et al 1964, Smith 1968), beim myelitischen Symptomenkomplex (Bodechtel u. Schrader 1953), nucleus-pulposus-Hernie mit Rückenmarkskompression im Hals- und Thoraxbereich, bei Extraduralabszessen (Ross et al 1964), Tuberkulose (Spondylitis) (Kastert 1969), und bei angeborenen Anomalien wie Spina bifida und Meningomyelocele (Ross et al 1964) vor. Viele Fälle von Hemiplegie, Traumen, Gefäßkrankheiten, Entmarkungskrankheiten, infektiöse oder neoplastische Krankheiten gehen mit inkompletten Läsionen einher (Bors u. Comarr 1971).

Lokalisation: oberhalb des Conus medullaris. Der spinale Reflexbogen in S 2 - S 4 ist erhalten.

Blasenfunktion: Wenn der Blasenreflex sich vollständig erholt, besteht die Möglichkeit der automatischen Blasenfunktion. Je höher die Läsion über dem vesiko-spinalen Zentrum liegt, desto größer ist die Chance der Wiedererlangung der Reflextätigkeit (Hardy 1956). Auf Dehnungsreize der Blasenwand kommt es reflektorisch, ohne daß cerebrale Einflüsse wirksam werden können, zur teilweisen Blasenentleerung. Man spricht von einer Reflexblase (Riddoch 1918). Gewöhnlich entleert sich die Reflexblase in Abständen von 3 - 4 Stunden, aber auch häufiger (Kuntz 1965). Es kann zur vollständigen Blasenentleerung kommen, doch ist die Entleerung oft problematisch. Die Blase ist hypertonisch oder spastisch (Allert, Büscher 1964). Es kann aber auch zur Hypotonie kommen, wenn es im Stadium des spinalen Schockes zur Distension gekommen ist (Guttmann 1966). Der Sphinkter externus und die Dammuskulatur werden ebenfalls spastisch (Smith 1968). Die Blasenkapazität kann vermindert, oder auch größer sein als normal (Kuntz 1965). Infolge von Blasenhalshypertrophie, Steinbildung und Spasmen des Sphinkter externus kommt es zu Restharnbildung (Smith 1968). Vesiko-ureteraler Reflux ist ziemlich häufig (Ross 1965).

Bei inkompletten Läsionen können sich die Blasensensibilität und die willkürliche Kontrolle der Blasenfunktion wieder bis zu einem gewissen Grad erholen, und der Patient kann wieder eine willkürliche Miktion erreichen, obwohl die Kontrolle nicht perfekt ist (Kuntz 1965).

Die ungehemmte Reflexaktivierung bei UMNL führt zu Vasokonstriktion im gelähmten Körpergebiet, was zu Vasodilatation in den Gefäßgebieten oberhalb der Querschnittslähmung führt, und mit Tachykardie, Kälteschauern, Schwitzen und Piloarrektio-
tion verbunden ist (Allert u. Büscher 1964, Guttmann 1971). Diese ungehemmte Reflexausbreitung wird als "autonome Hyperreflexie" bezeichnet. Bei Läsionen oberhalb von Th 6, dem

Austritt des n. splanchnicus, hat die Vasokonstriktion Auswirkungen auf Herz und Gefäße. Die Patienten klagen dann über Kopfschmerzen, Spannungsgefühl im Unterbauch, Wärmegefühl im Kopf und Nacken, Blutdruckkrisen, Bradykardie u. a. Die Anfälle werden durch die Blasendehnung ausgelöst (Guttmann 1971).

2) Schlaaffe Blasenlähmung, "untere neurogene Blase", lower motor neuron lesion (LMNL) nach Bors (1957).

Diese Läsionen können komplett oder inkomplett sein, die Blasenfunktion ausgeglichen oder nicht ausgeglichen.

Ätiologie: Traumen, große Nucleus-pulposus-Hernien im Lumbarebereich, Tumor, Wertheim'sche Op., Poliomyelitis, amyotrophe Lateralsklerose, Myelodysplasie mit thorako-lumbarer oder lumbo-sakraler Meningomyelocele, kongenitale Agenesie des Sakrums (Koontz u. Prout 1968, Smith 1968, Bors 1957, Ross et al 1964).

Lokalisation: Sakralmark und Cauda equina

Blasenfunktion: Der Reflexbogen zwischen Rückenmark und Blase ist unterbrochen. Die Blase ist funktionsmäßig autonom, d. h. auf sich selbst gestellt (autonome Blase) (Guttmann 1966). Die intramuralen Ganglienzellkomplexe übernehmen tonisierende und steuernde Funktion. Bei einem bestimmten Füllungs-zustand vermag sich die Blase wieder auf einen Dehnungsreiz partiell zusammenzuziehen. Es werden aber keine starken Detrusorkontraktionen ausgelöst, und die Entleerung ist daher ungenügend. So wird der Detrusor überdehnt und atonisch. Hierdurch nimmt die Kapazität zu, und es bilden sich oft erhebliche Restharmengen (Allert u. Büscher 1964, Kuntz 1965). Der Restharn hängt auch von der Expulsionskraft der Bauchpresse ab (Guttmann 1971). Die Blasenentleerung erfolgt passiv mittels Bauchpresse und manueller Kompression (Smith 1968). Es kommt oft zur Detrusorhypertrophie mit Bildung einer Balkenblase (Guttmann 1971, Smith 1968).

Durch die Atonie des Beckenbodens (Sphinkter ext.) entsteht oft eine Starre am Blasen Hals, die weder einen Verschluss noch eine genügende Öffnung ermöglicht. Es bleibt dann Restharn zurück, gekoppelt mit Inkontinenz (Ross 1960).

3) Gemischte Läsionen (mixed lesions) (Bors 1957)

Ätiologie: Ausnahmefälle von Konus- oder Cauda- equina- Traumen, Zustand nach Wertheim- Op., Cauda- equina- Tumor, Myelodysplasie (Bors 1957), lumbosakrale Meningomyelocele (Chiari 1969), Spina bifida, Sakralagenesie (Bors u. Comarr 1971).

Lokalisation: Conus medullaris, die Segmente über dem Conus, und die Cauda equina (Hald 1969).

Blasenfunktion (auch wieder unterteilt in komplett- inkomplett, ausgeglichen- nicht ausgeglichen):

Bei supranukleär somatischer / infranukleär visceraler Läsion: Verlust der Blasensensibilität und des Miktionsbedürfnisses, motorische Detrusorlähmung. Der Sphinkter ext. kann spastisch sein, es kann zu vesiko- ureteralem Reflux kommen (Hald 1969). Die Kapazität ist groß (Bors 1957).

Bei supranukleär visceraler / infranukleär somatischer Läsion: Die Detrusorfunktion ist ähnlich wie bei UMNL. Der Detrusor kann Reflexblasenfunktion entwickeln. Der Urethrawiderstand ist wegen Sphinkterlähmung niedrig, und es besteht eine Inkontinenz (Hald 1969). Die Blasenkapazität ist niedrig (Bors 1957).

4) Miktionsstörungen bei Läsionen afferenter Nervenbahnen (sensorische Blase)

Ätiologie: Bei traumatischen Läsionen (selten), Tabes dorsalis, diabetischer Neuropathie, Spina bifida, als Folge eines Rektumkarzinoms und nach Radikaloperationen (Wertheim)(Guttman 1965, Bors 1957, Kuntz 1965).

Lokalisation: Bei Tabes Zerstörung der hinteren Sakralwurzeln und der Hintersäulen im Rückenmark, bei Diabetes Radikulo-Neuropathie, bei Herpes Zoster: Spinalganglien.

Blasenfunktion: Der afferente Schenkel des Reflexbogens ist unterbrochen. Durch den Ausfall der Sensibilität wird der Füllungszustand der Blase und das Bedürfnis zu urinieren nicht mehr wahrgenommen. Daraus resultiert eine immer größere Distension und Erschlaffung der Blase, die im Laufe der Zeit enorme Dimensionen annehmen kann (Guttmann 1971). Das Resultat ist eine Überlauf- Inkontinenz mit mehr oder minder dauerndem Harnträufeln (atonische neurogene Blase) (Ross 1960). Bei der Tabes dorsalis kommt es zu unwillkürlicher Miktion durch Reflexkontraktion der Blase (Kuntz 1965), bei der diabetischen Neuropathie zu Retention und gedehnter atonischer Blase (Kuntz 1965, Ellenberg 1966), bei Spina bifida zu Inkontinenz und Retention (Kuntz 1965).

C Elektrostimulation bei neurogener Retention

I Warum Elektrostimulation bei neurogener Retention?

Die Behandlung der gelähmten Blase hat im Wesentlichen folgende Aufgaben:

1. Vermeidung von Überdehnung im Initialstadium
 2. Überbrückung der Phase der kompletten Harnretention
 3. Bewahren der Kapazität
 4. Vermeiden von Harninfektion
 5. Erzielung einer möglichst restharnfreien Entleerung in der Phase der inkompletten Harnretention
 6. Verhütung und Behandlung des vesiko- ureteralen Refluxes, soweit er vorliegt
 7. Prophylaxe gegen Urolithiasis
- (Guttmann 1969, 1971, Allert u. Büscher 1964, Smith 1968).

Die unvollständige Entleerung ist ein zentrales Problem, da dadurch Harninfektionen begünstigt werden. Die Notwendigkeit, die Blase instrumentell zu entleeren, erhöht diese

Gefahr beträchtlich. Die Infektion kann zur Schrumpfung der Blase führen, und den vesiko- ureteralen Reflux begünstigen. Dies führt zur aufsteigenden Harninfektion und zur chronischen Pyelonephritis. Diese in Verbindung mit der Immobilisation der Kranken ist der Ursache der so häufigen Steinbildung in den Nieren und der fortschreitenden Niereninsuffizienz (Damanski u. Gibbon 1956, Lord u. Bunts 1956, Bors 1957, Allert u. Büscher 1964, Federschmidt 1965, Ross 1965, Smith 1968, Jameson 1969, Morales 1967, Elsässer 1970).

Es bestehen folgende Möglichkeiten, die Blase nach Rückenmarksverletzungen zu entleeren:

Durch Reduktion des Ausflußwiderstandes:

- Katheterisation (Guttmann 1966, Guttmann u. Frankel 1966, Madersbacher 1972, Ott u. Rossier 1972)
- suprapubische Cystostomie
- Blasenhalresektion (Emmet 1945, 1947, Emmett et al 1951, Gibbon 1966, Bunce 1967, Pedersen u. Jakobsen 1972)
- Durchtrennung des Sphinkter ext. (Ross et al 1963, 1967, Smythe 1966, Currie et al 1970, Elsässer u. Stoephasius 1972)
- N. Pudendus- Durchtrennung

Durch Blasenkontraktion:

- Reflexstimulation
- manuelle Kompression
- Cholinergica
- Elektrostimulation

Mit Elektrostimulation wird Katheterisation und jegliche Instrumentation innerhalb der Blase vermieden. Sie gibt die Möglichkeit, die hohe Rate der damit verbundenen chronischen Infektionen, Steinbildung und Nierenschäden zu vermeiden. Während die Katheterisation nur eine Drainage darstellt, hat Elektrostimulation den Vorteil, die Detrusorkontraktion zu erhalten.

II Methodik

1) Der Stimulator

Es gibt grundsätzlich zwei Methoden, ein Gewebe elektrisch zu reizen: die direkte, und die indirekte. Bei der direkten Methode ist die elektrische Kraftquelle direkt über Drahtkontakt mit dem Gewebe verbunden, bei der indirekten Methode ist die Kraftquelle in einiger Entfernung von dem Gewebe, das gereizt wird. Bei der Stimulation der neurogen gestörten Blase wurde ausschließlich die indirekte Methode, die Induktions-technik, angewandt. Unter diesem Begriff versteht man den Transport von elektrischer Energie durch die intakte Körperwand mittels elektromagnetischer Induktion (Eisenberg et al 1965). Die Technik beruht auf den Entdeckungen Faradays (1831), nach denen ein elektrischer Strom in einem Stromkreis, in dem keine Stromquelle vorhanden ist, mittels einer stromdurchflossenen Spule erzeugt wird, wenn in der Spule die Stromstärke geändert wird (Lexikon der Physik 1969).

Schon in der Mitte des 19. Jahrhunderts verwendeten Physiologen das Induktorium, oder Induktionsspulen (Eisenberg et al 1965). Die ersten, die über eine Technik berichteten, die auf Induktion zwischen einer Primärspule außerhalb des Körpers, und einer Sekundärspule innerhalb des Körpers beruhte, waren Loucks (1933), der den Cortex cerebri von Hunden, und Light u. Chaffee (1934), die den Cortex cerebri von Affen stimulierten. 1937 führten Newman et al die wirksamere Hochfrequenz-Induktionsmethode ein, die dann von anderen Physiologen übernommen wurde, und die auch bei der Herzstimulation verwendet wird. Fender (1941) stimulierte auf diese Weise den Cortex cerebri, Lafferty u. Farrell (1949) die nn. radiales, splanchnici und vagi an Hunden. Der Induktionsapparat wurde auch von Greig u. Ritchie (1944) und Mauro et al (1950) beschrieben.

Die ersten, die die neurogen gestörte Blase am Menschen mit dieser Methode reizten, waren Mc Guire und Boyce im Jahre 1953 (veröffentlicht von Boyce et al 1964). Von großem Nach-

teil war, daß die Primärspule ein Gewicht um 15 kg hatte. Die modernen Induktionsgeräte wurden von Bradley et al (1963 b), Widman et al (1964), Eisenberg et al (1965), Potempa u. Dittmar (1965), Lale (1966), Wischniewski et al (1971) beschrieben. Das stimulierende Gerät besteht aus drei wichtigen Teilen: einem Hochfrequenzgenerator mit Antenne, einem Empfänger, und den Elektroden (Abb.4). Der Generator sendet Hochfrequenzsignale, welche mithilfe der Antenne induktiv auf den Empfänger, der in Resonanz zu dem Generator gestimmt ist, gerichtet werden. Die wichtigsten Teile des extrakorporalen Senders sind ein Niederfrequenzoszillator, um die stimulierende Frequenz und Impulsdauer zu bestimmen, und ein Hochfrequenzoszillator, der durch den Niederfrequenzoszillator gesteuert wird, um die Länge der Trägerwelle zu bestimmen. Nach der Verstärkung werden die Hochfrequenzsignale in die Primärspule übertragen. Als Energiequelle dienen Batterien. Durch die Verwendung von Transistoren können Sender und Empfänger klein gehalten werden. Die Form des Senders kann wie ein kleiner Kofferradio sein (Potempa u. Dittmar 1965, Felderhof et al 1971), rund (Wischniewski et al 1967), oder auch hammerförmig (Hald 1969). Die Stimulation kommt durch Drücken eines Knopfes zustande. Bei der Stimulation wird die Antenne des Senders über die Stelle gehalten, wo der Empfänger implantiert ist.

Der Empfänger erhält die Impulse und gibt sie an die Elektroden weiter. Er enthält die Sekundärspule und einen Gleichrichter, der den hochfrequenten Strom in stimulierende Impulse umwandelt (Demodulation), und einen Kondensator, über den die Impulse zu den Elektroden gelangen (Abb.5).

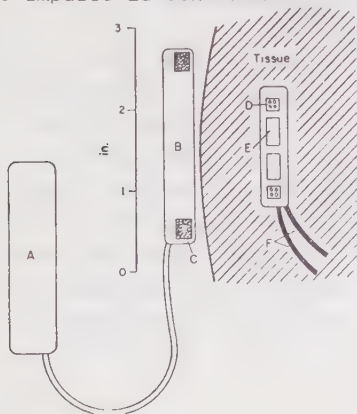


Abb.4. Generator und implantiertierter Empfänger

- A Batterienbehälter
 - B Oszillatorstromkreis
 - C Oszillatorschleife
 - D Empfängerschleife
 - E Gleichrichter
 - F Drähte zu den Elektroden
- aus: Lale, P. G. (1966)

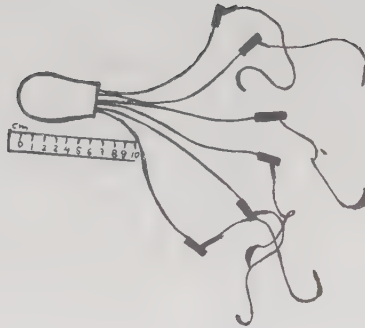


Abb. 5. Empfänger mit 6 flexiblen Platin- Drahtelektroden von je 15 mm. Länge. aus: Felderhof et al(1961)

2) Die Elektroden

a) Elektroden zur indirekten Organstimulation über zugehörige Nerven (direkte Nervenstimulation):

Es wurden verschiedene Elektroden konstruiert, die alle direkt am zu reizenden Nerven angebracht werden. Hald (1969) verwendete uni- oder bipolare sog. "Manschetten"- Elektroden. (Wurden unipolare Elektroden verwendet, so mußte die indifferente Elektrode subcutan an einer anderen Stelle implantiert werden. Diese Elektrode ist mindestens 10 Mal so groß wie die stimulierende Elektrode.) (Abb. 6)

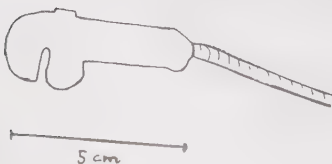


Abb. 6. Die unipolare "Manschetten"- Elektrode. Ein Silasticüberzug isoliert den Draht, der im Winkel von 360 Grad abgebogen ist. Die Elektroden werden um die Nerven angebracht, und der Spalt mit einer Naht verschlossen. aus: Hald, T. (1969)

Die "Dual"- Elektroden bestehen aus zwei Doppelelektroden (Holmquist u. Staubitz 1967) (Abb. 7)

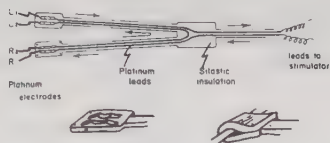


Abb. 7. "Dual"- Elektroden. Die Doppelelektroden für die rechte Seite werden mit R1, R2 bezeichnet, die für die linke Seite mit L1, L2. Aus: Holmquist, B. u. W. J. Staubitz (1967).

Noch eine Variation sind "Röhren"- Elektroden (Abb. 8).

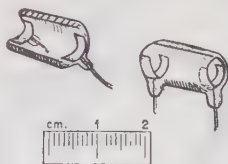


Abb. 8. Zwei Röhrenelektroden. Bei der linken wurde etwas von dem Plasticüberzug entfernt, um die elektrischen Pole zu zeigen. Aus: Hageman, J. et al (1966).

Für die intrarektale Stimulation des Plexus hypogastricus wurden folgende Instrumente konstruiert (Abb. 9 u. 10):



Abb. 9. Plasticstab mit 2 Ringelektroden am Ende für die intrarektale Stimulation am Tier. Aus: Grice, H. C., and D. M. Makow (1965)

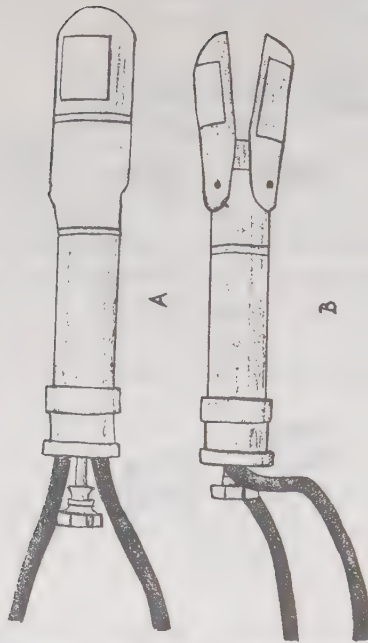


Abb. 10. Bipolare Elektrode zur transrektalen Stimulation des Plexus hypogastricus im Menschen. A) geschlossen, B geöffnet. Der Durchmesser betrug $2\frac{1}{2}$ cm, die Gesamtlänge 12,5 cm. Jede Elektrode war $1,5 \times 2$ cm groß, bedeckte 180 Grad des Umfanges des Instrumentes, bis auf 1cm Abstand dazwischen. Das Ende ist gespalten. Die Elektroden konnten nach Einführung ins Rektum 2 cm auseinandergebracht werden. Aus: Dees, J. E. (1965).

b) Elektroden zur direkten Organstimulation durch Anbringung am Detrusor

aa) zur Oberflächenstimulation werden P l a t t e n e l e k -
t r o d e n oder t a p e - Elektroden benutzt. Plattenelektro-
den sind rund, mit einem Durchmesser meist zwischen 0,5 und
1,5 cm, aus Platin, Platin- Iridium oder rostfreiem Stahl.

An ihrer Rückseite sind sie mit Kunststoff isoliert. Sie werden mit Nähten durch das Isolationsmaterial und die Blasenmuskulatur befestigt. "Tape"- Elektroden sind längliche Elektroden mit mehreren Kontaktpunkten mit der Blasenwand (Bradley et al 1963 a).

bb) Zur intramuralen Detrusorstimulation werden Draht - e l e k t r o d e n verwendet. Es gibt kurze, lange und spiralig gewundene ("coiled") Drahtelektroden. Sie sind aus Stahl oder Platin, und bilden das nicht isolierte Ende der Drähte vom Empfänger zur Blase. Die kurzen sind meist 1/2 bis 1 cm lang, und haben die Form einer gekrümmten Nadel. Die Länge der langen Elektroden beträgt etwa 3/4 des Blasen- umfanges. (Abb. 11)

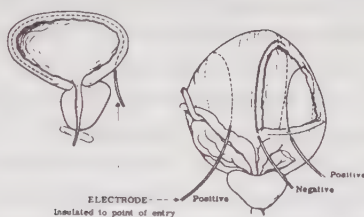


Abb. 11. Drei lange Drahtelektroden wurden in die Blasenwand in Gegend der Uretermündungen implantiert. Sie ziehen über den Fundus und die Blasenvorderwand bis zum Blasenhals hinunter. Aus: Ellis, F. J. et al (1964).

"Coiled" Elektroden sind Drähte aus geflochtenem Stahl, die bis auf die letzten 7 cm mit einem Plasticüberzug versehen sind. Diese 7 cm werden in 2 Windungen gelegt, über eine Fläche von 1,5 cm². Dieses Stück wird mit Blasenmuskulatur überdeckt (Boyce et al 1964).

c) Elektroden zur intravesikalen Anwendung:

Bei der intravesikalen Methode der Stimulation wird eine Elektrode, die an einem Katheter befestigt ist, in das Blasenlumen gelegt (Katona 1958, Hald 1969).

d) Elektroden zur elektrischen Sphinkterermüdung:

Das Prinzip dieses Vorgehens ist, durch tetanische Stimulation die perineale Muskulatur zu ermüden, so daß sie für einige Minuten nicht mehr so kräftig auf Detrusorstimulation reagieren kann. Während dieses Intervalls kann die Miktion bei niedrigerem Sphinkterwiderstand durchgeführt werden. Durch die elektrische Sphinkterermüdung vergrößert sich der Durchmesser der Urethra im proximalen Teil der Urethra membranosa (Hald u. Mygind 1966).

Hald et al (1966 c) gingen bei Rhesusaffen folgendermaßen vor: 4 Draht- Elektroden wurden im Detrusor, und 2 Draht- elektroden in der quergestreiften Muskulatur um die Urethra unterhalb der Prostata angebracht. Vor der Detrusorstimulation wurden diese beiden Elektroden für 30 sec stimuliert.

Carstensen et al (1970) hatten eine ähnliche Anordnung der Elektroden, und sie stimulierten den Sphinkter 30 - 60 sec. Mogil et al (1968, 1971) setzten die Detrusorelektroden in den Triggerpunkt, und stimulierten die periurethrale Muskulatur 15 - 30 sec (Abb. 12).

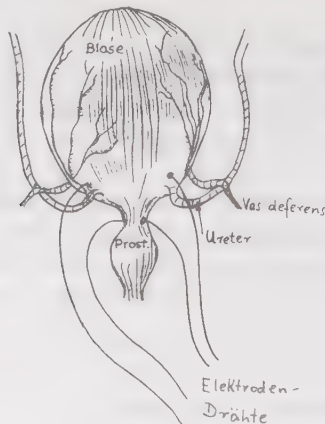


Abb. 12: Skizze der Hundebhase und Urethra mit angebrachten Elektroden zur elektrischen Sphinkterermüdung

Aus: Mogil, R. A. et al (1971)

3) Die optimalen Parameter

a) Material der Elektroden: Bei Plattenelektroden ist Platin allen anderen Materialien (Stahl, Tantal, Viridium, Graphit) in Handhabung, Implantation, Verlässlichkeit der Ergebnisse, und Gewebsreaktion am zufriedenstellendsten (Susset et al 1966). Die Stromausbreitung ist geringer als bei Stahlelektroden und es treten weniger Gewebsverbrennungen auf (Susset u. Boctor 1967). Bei der intramuralen Stimulation verwendeten die meisten Autoren Stahlelektroden. Silber ist ein zu weiches Material, um ständige Biegung auszuhalten (Melick 1970). Gold (Boyce et al 1964) und Platin bieten keine Vorteile gegenüber Stahl.

b) Die Spannung: Sie ist von der Art, Form und Isolierung der Elektroden, und vom Blasenwiderstand abhängig (Talibi et al 1970). Da dieser bei verschiedenen Menschen und Tieren variiert, und da die Experimentatoren verschiedene Elektroden benutzten, variierten auch ihre Spannungswerte.

Hald (1969) zeigte an Druckmessungen, daß der Blaseninnen-
druck bei denervierten Hundeblasen nahezu eine lineare Funktion des Füllungszustandes der Blase ist (Abb. 13). Die Spannung variiert mit dem Druckanstieg, der nötig ist, um den Urethrawiderstand zu überwinden. Deshalb ist auch die Spannung vom Füllungszustand abhängig. Andere mitbestimmende Faktoren sind die Toleranz der Blasenerven und der Blasenmuskulatur dem elektrischen Strom gegenüber, die Stromwirkungen auf die Ausflußbedingungen, und die generelle Reaktion des Individuums auf die Stimulation. Die verwendeten Spannungen beim Tier liegen zwischen 1 und 36 Volt.

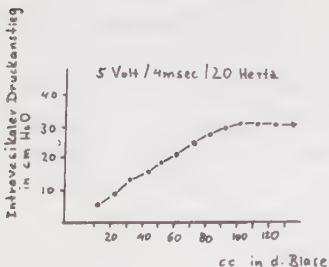


Abb. 13. Abhängigkeit der durch Elektrostimulation erzeugten Druckentwicklung vom Blasen-
volumen. Dieser Hund hatte eine Blasenkapazität von annähernd 200 ml.
Aus: Hald, T. (1969)

Nach Messungen von Kantrowitz u. Schamaun (1964) beträgt die Feldstärke in den benachbarten Strukturen der Blase $1/6$ derer der Elektroden, und nach Talibi et al (1970) fließt $1/3$ bis $1/2$ des Stroms um die Blase herum. Dies erzeugt Mitstimulation der quergestreiften Muskulatur, Skelettmuskelspasmen und Schmerzen. Alexander u. Rowan (1965) beobachteten dieses bei Hunden bei Spannungen über 10 V. Unter 5 V kam es zu keinen störenden Erscheinungen mehr. Aus diesen Gründen sollten solche Stimulationsmethoden, die mit niedriger Spannung auskommen, bevorzugt werden.

c) Die Stromstärke: Bei gegebenen Parametern steigt der Blasendruck mit steigender Ampèrezahl an (Abb. 15). Die Stromstärke ist von der verwendeten Spannung und dem Widerstand abhängig. Einer Spannung von 4 - 15 V entspricht in etwa eine Stromstärke von 20 - 150 Milliampère.

d) Die Impulsdauer: Sie hängt von der Widerstand der interstitiellen Flüssigkeit, den Zellen der Blasenwand, der Art der Elektroden, und von der Ausbreitung des Stimulus ab (Talibi et al 1970). Ihre Werte liegen zwischen 0,3 und 10 msec. mit einem Mittelwert von 4,7 msec (Abb. 15).

e) Die Frequenz: Sie hängt direkt ab von der Frequenz, mit der das System Nerv- Muskelfibrille der Blase reagiert. Die optimale Frequenz ist von der Art und Isolation der Elektroden unabhängig (Talibi et al 1970). Sie liegt bei den meisten Autoren im ähnlichen Bereich, um 20 Hertz (vergl. Abb. 14 u. 15).

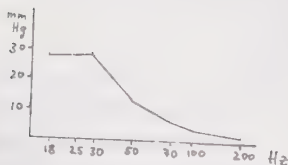


Abb. 14. Frequenz / Druck-Diagramm.

Aus: Graber, P. G. u.
G. Rutishauser (1965)

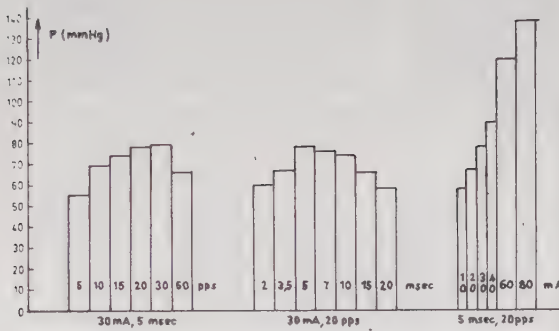


Abb. 15. Einfluss der Stimulationsfrequenz, Impulsdauer, und Stromstärke auf den intravesikalen Druck.

Aus: De Jonge, M. C. et al (1966 a)

f) Mono- oder biphasischer Strom: Nach Bradley et al (1962), Melick (1970) und Momose et al (1969) ist der monophasische Strom effektiver als der biphasische. Nach Mogil et al (1971) ist auch die Stromausbreitung geringer. Der Nachteil des monophasischen Stromes sind Gewebsverbrennungen unter den Elektroden (Susset u. Boctor 1967, Wear et al 1967, Melick 1970). Aus diesen Gründen ist der biphasische Strom vorzuziehen.

g) Die verschiedenen Wellenformen: Die optimale Wellenform ist noch nicht bestimmt worden. Shabazian (1969) verglich Sinus- Dreieck- Quadrat- und Rechteckwellen, und fand keinen signifikanten Unterschied in ihrer Wirkung auf den Detrusor. Am häufigsten wird die Quadratwelle verwendet. Boyce et al (1964) erhielten durch sinusoidale Variationen von Sinus- und Rechteckstrom bessere Reizantworten als bei konstanter Applikation der Stromarten. Graber u. Rutishauser (1965) fanden kurze, sinusförmige Spikes besser geeignet als Rechteckstrom, da dieser elektrolytische Arrosion des Gewebes und der Elektroden zur Folge hätte. Hald (1969) konnte durch sinusoidale Variationen den Strom beträchtlich reduzieren, dies gab aber Anlaß zu Blasenirregularitäten.

Tab. 1: Parameter, die zur direkten Detrusorstimulation verwendet wurden

Autor	Tier/Mensch	Spannung Volt	Frequenz Hertz	Impulsdauer msec	Impulsform	Elektroden-Art "-Anordnung "-Zahl
Bradley et al 1963	Hund	5 - 15	20 - 25	1 - 8	biphasische Quadratwelle	Oberflächenstim. 2 - 6 Platten- elektroden
Kantrowitz u. Schramm 1963	Hund	2,5 - 10	20	4	biphasische Quadratwelle	intramurale Stim. 2 Draht-El., je 1 ant. u. posterior
Boyce et al 1964	Mensch	10 - 15	20 - 30	0,5 - 1	Rechteck	2 coiled Draht- El. intramural
Habib 1963	Hund	1 - 2	20	15	Quadratwelle	Triggerpunktstim 2 Plattenelektroden
Schoenberg et al 1963	Hund	18 - 25	25	0,5 - 2	komb. Sinus/ Quadratwelle u. monophas. Quadr.	intramural, 2 Draht- El., 1 oben, 1 links
Ellis et al 1963	Hund	4 - 6	10 - 20	0,3 - 1,5	Quadratwelle	3 lange Draht- El. intramural
Hald u. Rossel 1964	Katze	15 - 25 m A	30 - 60	3	Quadratwelle u. "Surges"	2 - 4 Platten- od. Draht- El. (Triggepp.
Alexander u. Rowan 1965	Hund	1,5 - 8	20	1 - 2		Triggerpunktstim.
Wear et al 1966	Hund	5 - 10	10 - 20	2 - 10	biphas. Quadratwelle	versch. Elektroden Triggerpunkt

Autor	Tier/Mensch	Spannung Volt	Frequenz Hertz	Impulsdauer msec	Impulsform	Elektroden- Art " - Anordnung
de Jonge et al 1966	Hund	10 - 36	20	5	?	5 Draht- El, versch. Anordnung
Susset u. Boctar 1966/ 1968	Hund Mensch	10 10 - 20	10 20	1 1	biphas. biphas.	6 Platten- El. 8 Platten- El.
Halverstadt et al 1968	Mensch	2,5 - 18	20	4	biphas. Quadratwelle	4 Draht- El. intramural
Shabazian 1969	Hund	10 - 30	60	1 - 10	Quadrat, Sinus, Rechteckstrom	2 El. im Triggerp.
Abe 1969	Hund	10 - 15	30	3	?	2 Draht- El. Triggerpunkt
Tscholl et al 1971	Hund	9 - 10 5,5 - 6	20 20	10 10	?	8 Plattenel. 20 Plattenel
Hald 1969	Hund Mensch	4 - 12 ?	20 20	2 - 4 4	?	4 Draht- El 2 - 4 Draht- El.
Wischniewski et al 1967	Mensch	5 - 10	20	1 - 5	Rechteckstrom	Oberflächenstim. 6 Plattenel.
Archimbaud 1970	Mensch	20	20	1	biphas.	Oberflächenstim. 8 Plattenel.

Tab. 2. Parameter, die bei Stimulation verschiedener Blasenerven verwendet wurden.

Autor	Tier/Mensch	Spannung Volt	Frequenz Hertz	Impulsdauer msec	Impulsform	stimulierte Nerven	Elektroden
Hald et al 1966	Hund	verschieden	20	4	Quadratwelle	motorische Sakralwurzel	uni- od. bipolare "Manschetten"- El.
Hageman et al 1966	Hund	?	10	?	?	sensible Sakralwurzel, Nn. sacrales	"Röhren"- El.
Habib 1967	Mensch	1/2 - 1	18 - 20	15 - 20	?	Sakralnerven unilateral	"Nervenelektroden"
Holmquist u. Olin 1968	Hund	4 - 5	20	4	Quadratwelle	nn. pelvici	"Dual"- El.
Staubitz et al 1966	Hund	2 - 3	20 - 30	4	biphas. Rechteckstrom	nn. pelvici	V-förmige Platinel.
Hald u. Mygind 1966	Hund	1,4 - 2 3,4 - 3,5	20	4	biphas. Quadratwelle	nn. pelvici	"Manschetten"- El.
Burghelle u. Ichim 1969	Mensch	2,5	15	7 - 10	?	nn. pelvici	doppelpolige Platinel.
Burghelle et al 1958	Hund	5 - 10 mA	15	7	?	Nn. pelvici	bipolare Platinel.
Dees 1965	Mensch Katze Hund	33 mA, 12 - 15 17-25mA m.A 15 - 30 V	60	?	Sinusstrom	plexus hypogastricus	bipolare rektale El.
Grice u. Makow 1965	Kaninchen	5 - 10	5 - 50	?	Quadratwelle	Pl. hypogastricus	2 Ringelektroden intrarektal
Graber u. Rutishauser 1972	Mensch	?	?	?	?	Wurzel von S3 bilateral	?

III Elektrostimulation im Tierversuch

1) Stimulation der peripheren Blasenerven

Elektrische Nervenreizung wurde schon Ende des 19. Jahrhunderts durchgeführt, meist zum Zweck der Erforschung der Art und Funktion der Nerven und des Innervationsgebietes. Dies waren wertvolle Vorversuche für die Elektrostimulation der neurogen gestörten Harnblase (s. Tab. 3)

Tab. 3. Vorversuche zur Blasenervenstimulation

Autor	stimulierte Nerven	Ergebnis
Budge (1864)	3. u. 4. motor. Sakralwurzel, 1.-4. sensible Sakralwurzel	Blasenkontraktionen
Griffiths (1895)	nn. pelvici nn. pudendi nn. hypogastrici	Kontraktion der stimulierten Seite Innervationsgebiet Nach Sektion keine Beeinträchtigung der Blasenfunktion
Ingersoll et al (1954) (1955, 1957)	nn. hypogastrici nn. pelvici unilateral	bilat. Detrusorkontrakt. Die Blase ist unilateral motorisch innerviert

a) Stimulation des Miktionszentrums und der Sakralnerven:
Nashold et al (1971) erreichten mit Stimulation des Miktionszentrums im Rückenmark nur bis zu 3 Monaten eine Entleerung, und nur bei etwas über der Hälfte ihrer Versuchstiere. Wahrscheinlich wurden die Nervenzellen durch die Stimulation beschädigt.

Bei Stimulationen des motorischen Teils der Sakralwurzel (Hald 1969), und bei Stimulationen beider Anteile der Sakralwurzel, des motorischen und des sensiblen Anteils (S 2 und S 3), trat zwar Anstieg des intravesikalen Druckes auf, doch wurden die übrigen vom Plexus sacralis innervierten Muskeln so stark mitgereizt, daß es infolge von Beckenbodenkontraktionen zu keiner Entleerung kommen konnte (Hageman et al 1966). Hald beschreibt "inspiratorische Dyspnoe und Erregung der perinealen, glutealen und noch weiter entfernten Muskulatur", Hageman et al: "Kontraktionen der Hinterbeinmuskulatur, Defäkation, Erektionen, und bei nicht paraplegischen Hunden Schmerzen."

Hageman et al (1966) versuchten, durch Reizung des sensiblen Anteils der Sakralnervenzurzel S 2 und S 3 mit "Röhrenelektroden" einen Reflex auszulösen, der die Muskulatur der Blase zur Kontraktion bringen sollte, und den Sphinkter erschaffen ließe, doch trat bei keinem der Versuchstiere ein Druckanstieg auf.

b) Elektrostimulation der nn. pelvici: Diese Stimulation bringt nur bei bilateraler Stimulation gute Ergebnisse. Unilaterale Stimulation führt zu unilateraler Detrusorkontraktion auf der Seite der Reizung (Burghelle et al 1958 a, Ingersoll et al 1957). Auf der anderen Seite kann es zu kräftigen Kontraktionen, zu verzögerten Kontraktionen, oder zu Erschlaffung mit nachfolgender Kontraktion kommen (Ingersoll et al 1957). Bei Versuchen von Hald u. Mygind (1966) kam es zu keiner Entleerung, wohl aber zu einem Anstieg des Blaseninnendruckes.

Bilaterale nn. pelvici-Reizung erzeugt schnelle und vollständige Detrusorkontraktionen (Hald 1969, Holmquist u. Olin 1968, Graber u. Rutishauser 1965). Der große Nachteil ist jedoch, daß bei längerdauernder Stimulation die Reizantwort des Detrusors immer schwächer wird. Nach zwei Wochen hatten von Hald's Versuchshunden nur noch 3 von 10 gute Druckwerte.

Ein Hund wurde 93 Tage lang stimuliert, doch ging die Detrusorreaktion seit dem 60. Tag zurück. Ein Hund von Staubitz et al lebte über 13 Monate postoperativ. Anfangs erfolgte die Entleerung bei 27,5 mm Hg Blasendruck und 1,5 V, zwanzig Wochen nach der Implantation waren 85 mm Hg, und später über 100 mm Hg notwendig. Bei Cauda- equina- Tieren nahm die Detrusorreaktion langsam ab, und war nach sieben Tagen fast ganz abwesend (Staubitz et al 1966).

c) N. Hypogastricus- Stimulation: Diese Nerven wurden von Ingersoll et al (1954) an Katzen stimuliert. Unilaterale Stimulation ergab sowohl bei intakten als auch bei durchtrennten nn. pelvici eine Kontraktion auf der Seite der Stimulation und eine schwächere oder gleichstarke Kontraktion auf der kontralateralen Seite. Dies dürfte jedoch auf der Mitterregung der nn. pelvici beruhen.

Der Plexus hypogastricus wurde von Grice u. Makow (1959) an Kaninchen, und von Dees im Jahre 1947 (veröffentlicht 1965) an Katzen mittels intrarektaler Stimulation gereizt. Es kam fast immer zu guten Blasenkontraktionen und zur Miktion, doch auch zu Kontraktionen der Hinterbeine und bei zu hoher Stromstärke zu Ulcerationen der Rektumschleimhaut. Man kann jedoch bezweifeln, ob diese Art der Stimulation auch wirklich den Plexus hypogastricus stimulierte, oder ob nicht auch der Plexus vesicalis gereizt wurde.

2) Direkte Detrusorstimulation im Tierversuch

a) Oberflächenstimulation: Die direkte Detrusorstimulation ist eine Nervenstimulation. Dies zeigten Carpenter u. Rand (1965), die keine Blasenenerregung bei Ratten erhielten, deren postganglionäre Nervenfasern abgestorben waren.

Im Gegensatz zum Menschen besitzt der Hund, das häufigste Versuchstier, und auch die Katze, eine "ideale" Reizstelle, die "Triggerpunkte". An diesen beiden Stellen wird mit dem kleinsten Stimulus die größte Detrusorreaktion erzielt. Sie befinden sich an den Endigungen der 2. und 3. Sakralnerven

an der medialen Seite der Uretermündungen an der Blasenrückseite zwischen Serosa und Muskularis.

Habib (1963), Alexander u. Rowan (1965) und Scott et al (1965) erreichten bei Stimulation dieser "Triggerpunkte" die besten Blasenkontraktionen, während Susset u. Boctor (1967) bei dieser Stimulationsart über simultane Kontraktionen des Beckenbodens berichten, und sie deshalb nicht für gut befanden.

Da der Mensch jedoch keinen Triggerpunkt besitzt, sind die Ergebnisse der Blasenfundusstimulation von größerem Interesse. Die Versuche wurden mit verschiedener Elektrodenzahl- und Anordnung durchgeführt:

Bei einer Anordnung von 2 Elektroden in Blasenmitte wurde bei Versuchen von Susset u. Boctor (1967) sehr hoher Strom benötigt, und es bildete sich ein Kontraktionsring, der zu einer "Uhrglasblase" führte.

Hald u. Rossel (1965) verwendeten 4 Elektroden, je zwei lagen inferior anterior und superior posterior. Sie fanden heraus, daß die aktiven (negativen) Elektroden am wirkungsvollsten an den Triggerpunkten angebracht wurden. Bei einer Anordnung von 6 Elektroden in 2 Kreisen zu je 3 erzielten Susset u. Boctor gute Ergebnisse, und auch Wischnewski et al (1967) berichteten über gute Ergebnisse bei 2/3 ihrer Versuchstiere mit 6 Elektroden. Bei dem restlichen 1/3 der Tiere traten Sphinkterspasmen auf. Ihre Anordnung war wie auf Abb.16.

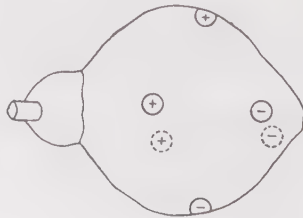


Abb. 16. Schema der Lage der Elektroden auf der Harnblase.
Aus: Wischnewski, A. A. et al (1967)

Tscholl et al (1971) legten 8 Elektroden in zwei konzentrischen Kreisen um den Blasenfundus, und in einem anderen Experiment 20 Elektroden in 3 konzentrischen Kreisen mit alternierenden Polen. So konnte die Spannung und damit die Stromausbreitung erniedrigt werden.

b) intramurale Stimulation

Kurzzeitexperimente wurden mit 2 und 4 kurzen Drahtelektroden durchgeführt, und führten zu guter Entleerung (Schoenberg et al 1963, Hald 1969) bei Anordnungen im Triggerpunkt und auch an davon entfernten Stellen der Blase. Langzeitexperimente mit kurzen Drahtelektroden wurden von de Jonge et al (1966 a, b) durchgeführt. Sie benützten 5 Elektroden mit folgender Anordnung: 2 unterhalb der Uretermündungen in Blasenmitte ventral, eine in Blasenmitte dorsal, und eine indifferente Elektrode am Vertex. Sie stimulierten Hunde bis zu 18 Mo (UMNL) und 7 Mo (LMNL). Bei Hunden mit Ablation der Cauda equina schien die Stimulation Schmerzen zu verursachen.

Lange Drahtelektroden wurden von Ellis et al (1964, 1965) angewandt. Sie legten 2 äußere positive Drähte und einen zentralen negativen. Die Entleerung war gut, und es wurden in Kurzzeitexperimenten keine Anzeichen für Gewebsschädigungen festgestellt.

c) Elektrostimulation in Verbindung mit ausflußverbessernden Maßnahmen: Schon die ersten Berichte über Elektrostimulation der Blase enthielten Beobachtungen über schwierige Urethrapassage (Bradley et al 1963 a, b, Boyce et al 1964, Scott et al 1965, Hald et al 1966 a, Hald et al 1967, Habib 1967). Burghele et al (1959 a, b) hielten den Blasen Hals für die Ausflußbehinderung für verantwortlich. Sie nahmen einen sympathisch innervierten Sphinkter an, und schrieben die Unterbrechung des Urinflusses nach 10 - 30 sec einer längeren Latenz der sympathischen als der parasympathischen Nerven zu. Alexander u. Rowan (1965) konnten bei elektro-

stimulierten Hunden keine Kontraktion des Sphinkter ext. nachweisen, und hielten den Tonus der glatten Urethramuskulatur für den behindernden Faktor. Versuche von Hald (1969) und Malloy et al (1967) konnten dies nicht bestätigen. Graber u. Rutishauser (1969) und Stenberg et al (1967) führten die Obstruktion auf einen krampfartigen Verschuß der Blasenhalsmuskulatur zurück, welcher einen Übergang der zu Beginn isotonischen Detrusorkontraktion in eine rein isometrische bewirke, was zu vorzeitigem Blasenverschuß führe. Als Ursache für diesen Verschuß nahmen sie eine Koordinationsstörung im Detrusor oder eine verminderte Elastizität des Blasenhalsses an. Andere Untersucher jedoch beobachteten Erregung von quergestreifter urethraler und periurethraler (Sphinkter ext.) Muskulatur, und hielten dieses für den kritischen Faktor (Schamaun u. Kantrowitz 1963, Scott et al 1965, Glenn et al 1964, Habib 1967, Abe 1969, Carstensen et al 1970, Hald et al 1966 c).

Bei fast allen Fällen von Reflexentleerung beim Paraplegiker scheint eine paradoxe Aktion des Sphinkter externus vorzuliegen-- als Element der generellen Spastizität der somatischen Muskulatur. Durch Elektrostimulation kann diese Spastizität noch verstärkt werden

- durch Reflexaktivierung vom Detrusor (sensible Bahnen - sakrale Zentren - Nn. pudendi). Die Existenz dieses Reflexes wurde von Bors (1952) und Holmquist u. Staubitz (1967) bewiesen.
- durch Stromausbreitung zu den nn. pudendi
- durch extra- und intramurale Stromausbreitung direkt zu der quergestreiften Muskulatur der Urethra (Hald et al 1966 b).

aa) Durchtrennung oder Ektomie der nn. pudendi: Als Folge dieser Maßnahme erweiterte sich die Blasenhalssgegend und die Urethra prostatica beim Versuchstier um 7 %, der obere Teil der Urethra membranosa um 20 %, der untere Teil um 35 %. Da nach der Hagen- Poiseuille'schen Gleichung die Urinflußmenge proportional dem Radius in der 4. Potenz ist, gewinnt sogar eine nur geringe Vergrößerung des Radius einen beträchtlichen Einfluß. Die Urinflußmenge stieg bei Nn. pelvici-

Stimulation um 35 %, bei Detrusor- Stimulation sogar um 228 % an (Hald et al 1966 c).

Der zur Miktion nötige Blaseninnendruck konnte in Experimenten von Holmquist u. Staubit (1967) um 16 mm Hg erniedrigt werden. Bei Versuchstieren, die einer Chordotomie bei Th 12 unterzogen worden waren, erniedrigte sich der Druck sogar um 21 mm Hg.

Auch die Restharmmenge verringerte sich beträchtlich nach n. pudendus- Durchtrennung (Hald et al 1966 c, Holmquist u. Staubit 1967, Kantrowitz u. Schamaun 1964, Alexander u. Rowan 1965, Abe 1969).

bb) Weitere ausflußverbessernde Maßnahmen: Gute Ergebnisse wurden noch mit Schienung der Urethra membranosa mit einer Silastic- Röhre (Hald 1966 c) und mit Längsincision der Urethra- Muskulatur bei Tieren, bei denen das Ergebnis nach n. pudendus- Durchtrennung nicht befriedigend gewesen war (Abe 1969) erzielt.

Die übrigen Methoden (Blasenhalstresektion (Hageman et al 1966, Rohner et al 1966, Malloy et al 1967, Hald et al 1967), Prostataektomie (Markland et al 1966), Resektion und Transsektion der Levatormuskulatur (Hald et al 1966 c), Längsdurchtrennung der Muskelfasern des Blasenhalsses (Hageman et al 1966), Lysis der perinealen Muskulatur in Blasenhalssgegend (Markland et al 1966), Durchtrennung des m. bulbocavernosus (Holmquist u. Olin 1968), Urecholin (Schoenberg u. Young)) brachten keine positiven Ergebnisse.

Eine weitere denkbare Methode wäre die Verwandlung einer UMNL in eine LMNL durch Alkohol- oder Phenolblock (Guttman 1954, Nathan 1959, Kelly u. Gautier- Smith 1959). Damit wurden im Zusammenhang mit der Elektrostimulation der neurogen gestörten Blase noch keine Versuche durchgeführt. Es bleibt nur die Möglichkeit, die Resultate bei UMNL mit denen von LMNL zu vergleichen.

Auch über die "external sphincterotomy" liegen keine Versuche vor.

d) Elektrische Sphinkterermüdung (split stimulation)

Die Tierversuche zu dieser Methode wurden an Hunden und Rhesusaffen durchgeführt. Der Affe ist ein besseres Versuchstier als der Hund, da er im Gegensatz zu diesem eine starke Sphinkter ext.- Muskulatur besitzt, die der des Menschen analog ist (Hartman u. Straus 1933).

Der Effekt dieser Methode auf den zur Miktion nötigen Blasendruck war bei Experimenten von Hald et al (1966 c), Mogil et al (1968, 1971), Hald u. Mygind (1966) im Sinne einer Druckverminderung, bei Experimenten von Carstensen et al (1970) wurde bei Hunden keine Druckverminderung erzielt, doch war der Druck bei gegebenem Fluß/sec bei Rhesusaffen durchschnittlich um 11,5 mm H₂O erniedrigt.

Der Effekt auf die Urinflußmenge/sec war jedesmal im Sinne einer Steigerung. Carstensen et al (1970) erhielten bei Rhesusaffen um 1,2 ml/sec höhere Werte als ohne elektrische Sphinkterermüdung. Hald et al (1966 c) berichten ebenfalls über einen Anstieg (Abb. 17).

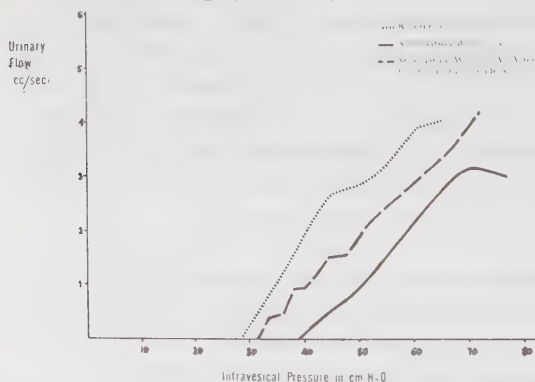


Abb. 17. Urinfluß / Druck- Diagramm von zwei Rhesusaffen vor und nach el. Sphinkterermüdung

Aus: Hald, T. et al (1966 c)

e) intravesikale und intravasale Stimulation: Bei der intravesikalen Stimulation wurde die Muskulatur des Beckenbodens so stark aktiviert, daß der Urinfluß sofort abgeschnitten wurde (Hald 1969).

Bei der intravasalen Stimulation konnte die Blase zur Entleerung gebracht werden, wenn die Elektroden in einem intramuralen Gefäßabschnitt lagen. Diese Stimulation ist wohl eine Triggerpunktstimulation, da die Blutsäule als Reizleiter nicht ausreicht, und da es unwahrscheinlich ist, daß der Stimulus durch die muskuläre Arterienwand geleitet wurde (Tscholl et al 1971).

IV Klinische Anwendung (am Menschen)

1) Reizung von peripheren Blasenerven

a) unilaterale Reizung von Sakralnerven: Durch versuchsweise Reizung von S 2 konnte von Habib (1967) kein Druckanstieg erzielt werden, und die Beinmuskulatur des Pat. kontrahierte sich klonisch. Dagegen erhielt er nach Reizung von S 3 und S 4 sofortige Entleerung, jedoch verbunden mit Erektion und Anstieg des Sphinkterwiderstandes.

Bei zwei Pat. mit UMNL wurde auf diese Weise 4 Monate lang die Blase entleert, einmal mit S 3- und einmal mit S 4 - Reizung. Bei dem ersten Pat. traten vorübergehend leichte Kopfschmerzen, Frösteln und Gänsehaut auf, bei dem zweiten mußte die Spannung nach 4 Monaten erhöht werden.

b) bilaterale Reizung der Wurzel von S 3 : Mit dieser Methode entleerte ein Pat. mit LMNL erfolgreich über 20 Monate lang (Graber u. Rutishauser 1972).

c) Reizung der nn. pelvici: Burghelle u. Ichim (1969) führten Versuche an sieben Pat. mit UMNL und an einem mit LMNL durch. Bei den Pat. mit UMNL konnte die Blase vollständig entleert werden, jedoch wird nicht berichtet, wie lange.

Bei dem Pat. mit LMNL war die Stimulation erfolglos, was auf die Waller'sche Degeneration der Neuronen zurückzuführen ist, die bei Verletzungen des Miktionszentrums, der sensiblen oder der motorischen Bahnen des Reflexbogens auftritt.

d) Reizung des Plexus hypogastricus: Dees (1965) führte die intrarektale Reizung durch. Es kam zu keiner Blasenkontraktion, was bei Reizung von sympathischen Blasenerven auch zu erwarten ist.

2) Direkte Detrusorreizung:

a) Oberflächenreizung: Bei Reizung mit nur zwei Plattenelektroden kam es bei keinem der Versuche zu einem befriedigenden Ergebnis (Bradley et al 1963 a, Hageman et al 1966, Scott et al 1965, Habib 1967). Die Anordnung von Bradley wurde nicht erläutert. Hageman et al legten je 1 Elektrode in die Gegend, wo beim Hund die Triggerpunkte liegen, Scott et al legten sie einmal an den Fundus, und im zweiten Versuch in Gegend der vermuteten Triggerpunkte. Gründe für die Mißerfolge waren Beckenbodenspastik, mangelnder Druckanstieg und starke Schmerzen.

Auch mit 4 Plattenelektroden konnte kein Experimentator befriedigende Ergebnisse erreichen (Bradley et al 1963 a, Scott et al 1965). Bradley's Anordnung wurde nicht mitgeteilt, Scott et al legten je zwei positive Elektroden anterior und posterior auf die Blase. In allen Fällen kam es zur Detrusorkontraktion, jedoch nur in einem Fall (im akuten Experiment) zur Entleerung. Die Gründe für die Mißerfolge waren Sphinkterkontraktionen.

Mit einer Anzahl von 6 Plattenelektroden berichteten Wischnewski et al (1967) über erfolgreiche Entleerung bei drei Pat. Die Anordnung war dieselbe wie bei den Tierversuchen (Abb. 16). Scott et al legten zwei Elektroden zu der Anordnung mit 4 Elektroden zusätzlich an die Blasenspitze. Sie berichteten über Sphinkterkontraktionen. Ein Pat. von Bradley et al (1963 a) entleerte nicht wegen Stromausbreitungserscheinungen und Beckenbodenspasmus.

Die Entleerung war bei allen Pat. die mit 8 Plattenelektroden gereizt wurden, sehr gut. Die Anordnung der Elektroden war in zwei Kreisen zu je 4 mit alternierender Polarität rings um die Blase (Abb. 18). Die Gründe für die Beendigung der Stimulation waren ausnahmslos von technischer Seite (Susset u. Boctor 1968, Archimbaud 1970, 1972).

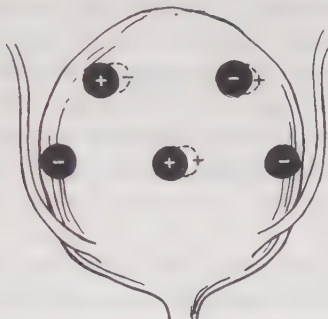


Abb. 18. Anordnung von 8 Plattenelektroden auf der Harnblase
Aus: Susset, J. G. u. Z. N. Boctor (1968)

Tape- Elektroden wurden nur in 2 Fällen angewandt (Bradley et al 1963 a). Mit einer Anordnung von 2 Elektroden, je einer vertikal anterior und posterior, war die Entleerung bei einem Baby mit Meningomyelocele zwei Wochen lang gut, das Implantat mußte dann wegen Infektion entfernt werden. Bei einem Pat. mit UMNL kam es bei denselben Experimentatoren mit 4 Tape- Elektroden nur zu unvollständiger Entleerung (Anordnung: Je 2 Elektroden quer anterior und posterior). Die oberen Elektroden lagen auf dem Blasenfundus, die unteren nahe dem Blasenhals).

b) intramurale Stimulation:

Von den sieben beschriebenen Fällen (Hald et al 1967, Hald 1969, Stenberg et al 1967), die mit 2 Elektroden stimuliert wurden, war das Ergebnis nur in 2 Fällen gut (mit der Anordnung, bei der beide Elektroden in der anterioren Blasenwand lagen).

Hald (1969) versuchte mit folgender Anordnung die Entleerung herbeizuführen: er legte zwei Elektroden an jede laterale Blasenwand, je eine anterior und eine posterior. In einem Fall war das Ergebnis positiv, im anderen wegen Ausfluß-obstruktionen negativ. Halverstadt et al (1968) und Halverstadt (1971) machten Versuche mit 8 Patientinnen mit einer Anordnung von je einer positiven Elektrode rechts oben und links unten, und je einer negativen Elektrode links oben und rechts unten. In 5 Fällen war das Ergebnis ausgezeichnet. Die längstdauernde Stimulation (4 1/2 Jahre) wurde damit erreicht. Bei einem Fall verschwanden Beckenschmerzen und Adduktorenspasmen nachdem die Elektroden in einer Zweitoperation weiter nach oben gelegt worden waren. In zwei Fällen trat ein Mißerfolg wegen Adduktorenkontraktionen und Schmerzen auf.

Boyce und Mc Guire (Boyce et al 1964) wandten schon 1954 die "coiled" Elektroden am Menschen an. Bei Versuchen mit 3 Pat. kam es zu einem Mißerfolg wegen Beckenbodenkontraktionen und Schmerzen, zu einem Teilerfolg, und zu einem Erfolg mit Entleerung während eines Zeitraumes von 1 1/2 Jahren.

c) Die intravesikale Stimulation:

Katona (1958) führte diese Art der Blasenreizung durch, gab aber keine exakten Resultate.

d) Ergebnisse nach N. pudendus- Durchtrennung:

Um den zu erwartenden Erfolg der n. pudendus- Unterbrechung auf die Miktionsfähigkeit zu prüfen, ist als Test eine Novocainblockade notwendig (Bors 1952).

Boyce et al (1964) führten an drei Patienten Versuche durch, davon einen mit gutem Erfolg. Bei Patienten von Hald (1969) war die Restharnmenge in zwei Fällen mit intakten nn. pudendales durchschnittlich 135 ml, bei 4 Pat. ohne n. pudendus-

Funktion betrug die Menge in den besten Entleerungsphasen nur 50 ml. Hageman et al (1966) erzielten bei zwei Pat., die nicht entleert hatten, nach dieser Maßnahme eine Entleerung von etwa 100 ml. Eine entleerungsfördernde Wirkung beobachteten auch Graber u. Rutishauser (1972).

D Diskussion

I Beurteilung der peripheren Blasenervenstimulation.

Diese Methode ist für die Behandlung der neurogen gestörten Blase ungeeignet. Die Nerven tolerieren die Stimulation nicht über eine längere Zeit. Wie die Sektionsergebnisse zeigen, findet sich kurz nach der Implantation der Elektroden mikroskopisch nur eine leichte perineurale Entzündung. Bei Hunden, deren Blase überhaupt nicht mehr auf Stimulation reagierte, fand sich Fibrosis und Infiltration mit Leukozyten und Makrophagen. Bei einem Hund war der Nerv selbst ödematös verändert, und die Axonen waren entzündlich destruiert (Hald 1969, Holmquist et al 1967). Bei Cauda- equina- Hunden fand man histologisch eine Atrophie des Spinalganglions, das den Reflexbogen unterbrach. Bei LMNL unterliegen die Nerven der Waller'schen Degeneration, und die motorischen Nervenfasern zur Blase sind degeneriert. Dies zeigen deutlich die Experimente von Staubitz et al (1966) an Cauda- equina- Hunden, und ein Fall von Burghelle u. Ichim (1969). Eine Ausnahme bildet jedoch der Fall von Graber u. Rutishauser (1972), der erfolgreich 20 Monate stimuliert wurde.

Die Ausflußbedingungen sind durch Kontraktionen der quergestreiften Urethramuskulatur erschwert. Wenn sensible Nerven mitstimuliert werden, löst die Stimulation inspiratorische Dyspnoe und Spasmen der unteren Extremitäten aus. Wenn die Elektroden in den Duralraum implantiert werden, besteht das Risiko einer Meningitis.

II Beurteilung der direkten Detrusorstimulation.

1) Oberflächenstimulation:

Beim Menschen wurde die Oberflächenstimulation in 16 Fällen angewandt, davon 14 Mal mit Platten- und 2 Mal mit Tape-Elektroden. Von den 7 erfolgreichen Fällen waren drei mit 6 Plattenelektroden, drei mit 8 Plattenelektroden und einer mit zwei Tape-Elektroden gereizt worden. Die anderen Fälle scheiterten ein Mal an Schmerzen und 8 Mal wegen Stromausbreitungserscheinungen. Man sieht also, daß multiple Elektroden wirksamere Blasenentleerung erzeugen als wenige. Auch konnten mit dieser Stimulationsart keinerlei Gewebsschädigungen nachgewiesen werden (Untersuchungen von Sussethu. Bactor (1968) an einer Hundeblase, die 13 Monate stimuliert worden war).

Obwohl die Methode von Tscholl et al mit 20 Elektroden noch nicht klinisch angewandt wurde, scheint sie noch mehr Vorteile zu besitzen, da die notwendige Reizspannung damit deutlich gegenüber allen anderen Methoden verringert werden konnte, und somit Stromausbreitung verringert oder ganz ausgeschaltet werden kann (vorzugsweise bei einer Spannung unter 5 V nach Wear et al 1967).

2) Beurteilung der intramuralen Stimulation.

Es wurden bis jetzt 20 Versuche am Menschen mit Drahtelektroden veröffentlicht. Die Hauptkomplikation war bei 9 Fällen durch Stromausbreitung bedingt, die zu Blasenhalsspasmen oder zu Sphinkter ext.-Spasmen führten, was eine wirksame Entleerung verhinderte. Manchmal traten noch Aduktorens spasmen und Beckenschmerzen hinzu. Dies ist immer der Lage der Elektroden, die zu nahe am Blasenhal lagen, zuzuschreiben (vergl. Halverstadt's Fall 2). Auch Stenberg et al (1967), die bei drei Pat. die Elektroden einige cm über dem Blasenhal implantiert hatten, hatten keine Ent-

leerung erzielt, obwohl sie dieselben Parameter benutzt hatten wie Halverstadt. Die besten Ergebnisse wurden mit der Methode Halverstadt's erzielt.

In 2 der 20 Fälle traten Elektrodenbrüche auf. Diese könnte man evt. durch ein biegungsfesteres Material vermeiden (z. B. Elgiloy - s. Glenn et al 1964).

Coiled Elektroden wurden wenig angewandt, doch besitzen sie keinen Nachteil gegenüber den anderen Elektroden.

Die sehr langen Drahtelektroden wurden am Menschen noch nicht angewandt. Schließt man von Hundeversuchen, so sind auch sie erfolversprechend, wenn sie nicht in die Nähe des Blasenhalbes zu liegen kommen.

III Vergleich Oberflächen - intramurale Stimulation

Die Detrusorreaktion unterscheidet sich bei beiden Stimulationsarten nicht voneinander. Die Stromausbreitungerscheinungen sind in der Anordnung, nicht in der Art der Elektroden begründet.

Oberflächenelektroden besitzen den Vorteil, daß sie leicht anzubringen sind. Sie erlauben der Blase, sich ungehindert auszudehnen und zu kontrahieren. Von Nachteil ist, daß sie sich durch diese Detrusorkontraktionen leichter verschieben oder ablösen können. Auch ist der elektrische Kontakt mit dem Gewebe nicht so gut wie bei Drahtelektroden.

Bei intramuralen Elektroden ist der Gewebkontakt besser, sie lösen sich nicht so leicht ab, jedoch ist die Ausdehnung und die Kontraktion der Blase nicht so leicht (dies trifft besonders für die langen Drahtelektroden zu). Auch sind sie nicht einfach anzubringen. Es ist unmöglich, genau zu wissen, wie tief der Draht im Detrusor liegt, und man läuft Gefahr, zu perforieren. Aber auch danach weiß man nie, wann und ob ein Draht ins Blasenlumen perforieren wird. Ist dies geschehen, so kann dies sogar zu Steinbildung führen (Hald 1969). Ein weiterer gefährlicher Faktor

mit dem man rechnen muß, ist die Ausbreitung einer Infektion von der Blase ausgehend den Drähten entlang.

Da diese Nachteile doch sehr schwerwiegend sind, ist die Oberflächenstimulation die sicherere Methode.

IV Vergleich der direkten Detrusorstimulation mit der peripheren Blasenervenstimulation.

Die direkte Detrusorstimulation ist aus vielen Gründen die bessere Methode. Da dabei keine Gewebsveränderungen auftreten, ist diese Stimulation für eine längere Dauer besser geeignet. Verwendet man die optimale Elektrodenanordnung, so sind auch die Ausflußobstruktionen nicht so hoch wie bei Blasenervenstimulation. Der operative Eingriff bei Nervenstimulation ist ungleich komplizierter. Zudem ist die parasymphatische Innervation der Blase in einem Plexus verteilt, an dem Elektroden nicht gut angebracht werden können. Am Detrusor selbst ist dies einfacher.

V Beurteilung der ausflußverbessernden Maßnahmen.

Da Beckenbodenspastik und Sphinkterkontraktionen mit keiner Methode bisher ganz vermieden werden konnten, sind n. pudendus- Durchtrennung und elektrische Sphinktererermüdung wertvolle Maßnahmen, um die Blasenentleerung zu fördern.

VI In welchem Krankheitsstadium ist Elektrostimulation am Günstigsten?

Die meisten Autoren befürworten eine frühe Stimulation. Anagnostopoulos u. Glenn (1966) weisen darauf hin, daß der Kollagengehalt bei neurogenen Funktionsstörungen der Blase in kurzer Zeit von normal 15 % bis zu 44 % der Blasenmasse ansteigen kann, obwohl die Muskelmasse nicht abnimmt. Frühe Stimulation würde dies verhindern, und es würde dann keine Abnahme der Kontraktilität eintreten. Halverstadt et al (1968) befürworten, bei UMNL sofort nach einer trau-

matischen Rückenmarksverletzung einen Stimulator zu implantieren, um die lange Zeit der Katheterdrainage zu vermeiden. Auf diese Weise könnte man die Blase so lange katheterfrei halten, bis sie ihre endgültige Funktionsform angenommen hat. Potempa (1969) erhielt im Tierversuch mit früher Stimulation gute Ergebnisse, und spricht sich deshalb auch für frühe Stimulation beim Menschen aus. Graber u. Rutishauser (1972) empfehlen Elektrostimulation im Frühstadium als Blasentraining, und bei UMNL, bei denen sich nach 12 Monaten der Miktionsreflex nicht erholt hat. Auch Burghele u. Ichim befürworten so frühe Stimulation als möglich, und zwar Neurostimulation bei UMNL und Myostimulation bei LMNL. Mogil et al (1971) stimulierten zwei Hunde schon zwei Stunden nach Chordotomie. Die Entleerung war gut, und erfolgte bei normalen Druckwerten.

Der wesentliche Faktor ist nicht ein bestimmtes Stadium, sondern der gute Zustand der Blase. Da dieser je früher desto besser ist, sollte man bei LMNL möglichst früh, also im Schockstadium, stimulieren. Bei UMNL ist die Indikation zur Frühoperation jedoch deshalb schwierig, weil man das Ergebnis der Spontanregeneration der Blasenfunktion nach Blasentraining noch nicht kennen kann. Man sollte deshalb einige Monate abwarten, bevor man einen Stimulator implantiert, und erst dann routinemäßig im Schockstadium elektrostimulieren, wenn man eine absolut gute Methode zur Verfügung hat.

VII Welche Läsionen und Krankheiten sind für die Elektrostimulation geeignet?

In der Zeit von 1953 bis 1972 wurden 55 Fälle veröffentlicht, davon 39 bei UMNL und 16 bei LMNL. Die Resultate der elektrischen Reizung zeigen die Tabellen 4 und 5. Danach sind die Erfolge bei LMNL besser als bei UMNL. Die Mißerfolge bei UMNL waren immer auf das Entstehen einer Reflexblase (in 14 Fällen) oder auf Sphinkterspasmen zurückzuführen. Auf dem jetzigen Stand der Entwicklung ist Elektrostimulation bei UMNL nicht indiziert. Vielleicht wird die Vervollkommnung der Methode der elektrischen Sphinktereremüdung die Indikation auch auf UMNL ausdehnen.

Tabelle 4. Resultate bei UMN

Ergebnis	Zahl der Pat.	Ursache des endgültigen Versagens	Anzahl
Erfolg	1	Entwicklung einer Reflexblase	1
Verbesserung für 16 Mo	1	Versagen des Stimulators	1
Verbesserung für 18 Mo	1	Versagen des Stimulators	1
Verbesserung für 6 Mo oder weniger	15	technisches Versagen.....1 Infektion.....1 Entfernung d. Apparratur, da Drähte durch Bauchwand geleitet wurden.....2 hoher Restharn.....1 unbekannt.....10	
MiBerfolg	20	keine oder ungenügende Entleerung	20
Gesamtzahl	39		

Tabelle 5. Resultate bei LMNL

Ergebnis	Zahl der Pat.	Ursache des endgültigen Versagens	Anzahl
Erfolg über 15 Mo	4	z. Z. der Veröffentlichung gut funktionierend	4
Verbesserung für 15 Mo oder weniger	5	z. Z. der Veröffentlichung gut funktionierend.....2 Drahteinbruch in das Blasenlumen.....2 Drahteinbruch durch die Bauchwand.....1	
MiBerfolg	7	Schmerzen.....1 ungenügende od .keine Entleerung...6	
Gesamtzahl	16		

Man kann den Tabellen 4 und 5 entnehmen, daß die Erfolge bei LMNL besser sind als bei UMNL. Die Mißerfolge bei UMNL waren immer auf das Entstehen einer Reflexblase (in 14 Fällen) oder auf Sphinkterspasmen zurückzuführen. Auf dem jetzigen Stand der Entwicklung ist Elektrostimulation bei UMNL nicht indiziert. Vielleicht wird die Vervollkommenung der Methode der elektrischen Sphinktererermüdung die Indikation auch auf UMNL ausdehnen.

Am wirkungsvollsten ist die Elektrostimulation bei kompletter LMNL. Die besten Erfolge wurden bei Frauen mit hypotoner neurogener Blase als Folge von Unterleibsoperationen erzielt. Erfolgversprechend sind ferner Meningomyelocelen ohne n. pudendus- Funktion und cauda- equina- Syndrome.

Diskutiert wird auch die Blasenstimulation beim Diabetiker mit Blasenentleerungsstörungen (Hald 1969, Halverstadt 1968, Susset u. Boctor 1968), doch sind bis jetzt keine Fälle beschrieben. Bei Multipler Sklerose hängt die Blasenreaktion wahrscheinlich vom Krankheitsstadium ab. Die Gruppe als Ganzes könnte nicht geeignet sein, aber vielleicht gewisse Pat. mit Rückenmarksläsion an der Ein- und Ausmündung der Nervenwurzeln und mit hypotonen Blasenstörungen (Hald 1969, Halverstadt 1968, Susset u. Boctor 1968). Eine mögliche Indikation wäre noch Tabes (Hald 1969, Susset u. Boctor 1968), und solche Fälle, bei denen nach Alkoholblock keine ausgeglichene Blasenfunktion erreicht wurde (Susset u. Boctor 1968).

Die Mißerfolge bei LMNL waren durch Sphinkterspasmen und Schmerzen bedingt. Durch optimale Elektrodenplatzierung (entfernt vom Blasenhal) könnte dies weitgehend vermieden werden. Das Versagen nach einiger Zeit erfolgte wegen Sepsis, Drahtdurchbruch durch die Bauchwand und ins Blasenlumen, und durch technisches Versagen. Drahtdurchbruch durch die Bauchwand kann man durch individuell angepaßte Drahtlängen vermeiden, Drahtdurchbruch in das Blasenlumen, indem man anstatt Draht- Plattenelektroden benutzt.

Auch von seiten der Blase müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein. Elektrostimulation ist natürlich nur dann möglich, wenn noch genügend kontraktile Elemente in der Blasenwand vorhanden sind. Chronische Überdehnung oder Infektion führen zu einem Untergang der Muskulatur der Harnblase, zur sogen. "Beutelblase", die jegliche Kontraktionsfähigkeit verloren hat (Geise et al 1963, Susset u. Boctor 1968, Hald 1969). Nach langer Katheterdrainage ist die Blase kontrahiert, und die Erregbarkeit auf Elektrostimulation ist reduziert. Man kann jedoch damit rechnen, daß sich die Erregbarkeit nach einiger Zeit der Stimulation wieder herstellt. Bei einem Pat. der dauerkathetert worden war, erholte sich dessen Blasenmuskel schnell wieder, und die Erregbarkeit verbesserte sich zufriedenstellend (Susset u. Boctor 1968). (Abb. 19)

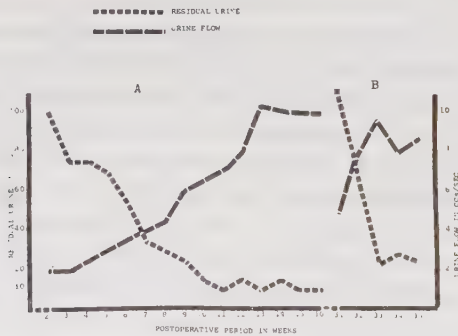


Abb. 19. A postoperativer Anstieg der Urinflußmenge und Abnahme des Restharns. B Anstieg der Urinflußmenge und Abnahme des Restharns nach Beseitigung der Infektion
Aus: Susset, J. G. u. Z. N. Boctor (1968)

Nach Hald (1969) sind die Ausflußbedingungen in den Fällen, in denen der m. bulbocavernosus- Reflex erhalten ist, schlecht. Eine weitere Kontraindikation ist der vesiko- ureterale Reflux. Ausgeglichene Blasen sollte man ebenfalls nicht stimulieren.

Tabelle 6. Übersicht über 39 Fälle mit Elektrostimulation am Menschen bei UMNL.

Erfolg: Erfolgreiche Entleerung über einen längeren Zeitraum mit niedrigem oder keinem Restharn. Subjektive und objektive Verbesserung des Zustandes des Pat.

Zeitweiliger Erfolg: Vollständige oder unvollständige Entleerung über einen kürzeren Zeitraum, oder über einen längeren Zeitraum mit Komplikationen.

Mißerfolg: Keine oder nur wenig Entleerung nach Elektrostimulation.

Tabelle 7. Übersicht über 16 Fälle mit Elektrostimulation am Menschen bei LMNL.

Bewertung wie bei Tab. 6.

Tabelle 6. Übersicht über 39 Fälle mit Elektrostimulation am Menschen bei UMN-Läsion

Autor	Art der Läsion	Blasenfunktion	Dauer bis Elektrostim.	Stimul.-art.	Erfolg		Bemerkungen
					Dauer	Mis- erf.	
Bradley et al 1963	komplette C5- Durchtrennung	atonisch	45 Tage	Oberfl. 4 Tape-El. 2wei anterior 2 posterior	x		Versagen des Empfängers
"	komplette Th 9- Durchtrennung	"	25 Tage	2 Tape-El. 1 anterior 1 posterior	x		Infektion
"	Tumor bei Th 5	"	? akut	Oberfl. 2 Plattenel.		x	keine Entleerung/ keine Schmerzen Stromausbreitungss- erscheinungen
"	Gehirn- Tumor	"	"	Oberfl. 4 Plattenel		x	" "
"	L 1 - Dislokation	"	"	"		x	" "
"	Th 11 - Dislokation	"	"	"		x	" "
"	Quadriplegie	"	"	Oberfl. 6 Plattenel.		x	Stromausbreitung Muskelkontraktionen Hämatom keine Entleerung
Boyce et al 1964	degenerative RM-Verletzung rechts über d. Konus	komplette Retention	26 Mo seit Krank- heitsbeginn, 5 Mo seit Retention	intramural 2 coiled El. an der hinte- ren Bl.-wand	18 Mo		Schmerzen, Trabekel- bildung N. Pudendus- Neur- ektomie
"	?	atonisch	?	"		3 Mo	Schmerzen Adduktoren asmen

Jahr	Fall	Diagnose	Operation	Zeitpunkt	Verlauf	Ergebnis	Notizen
1964	Kantrowitz u. H. d. 1965	inkompl Th 9 - Läsion, Querschnitts- myelitis	hypertone Bl. Inkontinenz	3 Mo	intramural 2 kurze Draht- El. an d. vent- ralen Blasenwd.	x	Entwicklung einer Reflexblase, Spasmen des Sph. ext.
	Kantrowitz 1965	ab Th 12 schlaaffe Lähmung (metastatische Schistosomiasis)	atonische Bl.	12 Mo	intramural 4 kurze Drahtel. 2 ventral, 2 dorsal	x	Nach 9 Mo Entwicklung einer Reflexblase wenig Entleerung Spasmen d. Sph. ext.
	Kantrowitz 1965	incomplete UNNL	unausgeglichene Blase	über 24 Mo	" "	x	Pudendusneurektomie. wenig Entleerung Nach 4 Mo techn. Ver- sagen
	Scott et al	komplette Th 4 - Durchtrennung	Reflexblase	1 Jahr	Versuche mit 2 - 10 El. Oberfl.	x	Kontraktionen d. Beckenbodens, Suche n nach opt. Stim.stelle
	Dees 1965	komplette C 6 - Läsion	spinale Schockphase	24 Stunden	intrarektal plexus hypo- gastricus	x	keine Entleerung Kontr. d. Beckenbodens Erektion Samenabgang
	"	partielle Läsion des unteren Hals- markes	"	1 Woche	" "	x	keine Entleerung Schmerzen Weigerung des Pat.
	"	komplette Brustmark- Läsion	atonisch	4 1/2 Mo	" "	x	keine Entleerung keine Blasenkontrak- tion
	Magamen et al 1966	MS seit 10 J. Zust n. intra- thekaler Phenol- injektion	Retention	11 Mo	Oberflächenst. 2 El. in Gegend d. Uretermün- dungen	x	nach bilat. N. Pudend- usneurektomie Ent- leerung mit Gredé möglich
	"	komplette C 6 - Läsion	?	?	"	y	Blasenhal- resektion n. Pudend- us durchtrennen

Parkland et al 1969	komplette Th 10 / 11- Läsion	atonische Blase	54 Tage	Oberflächenst. 4 El anterior und posterior	x	keine Entleerung. Spasmen des Beckenb. trotz Prostatektomie u. Iyysis d. B.-Musk.
Habib 1967	inkomplette C 6- Läsion	Retention	?	2 El. medial d. Ureter- mündungen	x	wenig Entleerung Entw. einer Reflex- blase. klon. Kontr. d. Beine, Schmerzen
"	C 6- Läsion	?	?	unilaterale Sakralnervenst. S 3	x 4 Mo	Infektion, transur. Sphinkterotomie Drähte kamen durch die Haut
"	Th 7 - Läsion	?	?	unilaterale S 4 Stim.	x 4 Mo	Drähte kamen durch die Haut. Infektion; Erektion
Stenberg et al 1967	inkomplette Th 10 - Läsion	atonische Blase	6 Wochen	intramurale Detrusorstim. 2 Drahtel in vord. Bl-wand	x	keine Entleerung Entwicklung einer Reflexblase
"	inkomplette C 6- Läsion	"	11 Monate	"	x	keine Entleerung Nach 2 Wochen Entwicklung einer Reflexblase
"	"	Reflexaktivität vorhanden	9 Monate	"	x	keine Entleerung Blasenhalverschluss bei Stimulation Nach 2 Mo stärkere Reflexfähigkeit
"	"	keine reflexfähigkeit	8 Monate	"	x	keine Entleerung Nach 8 Tagen Reflexfähigkeit
Wischniewski et al 1967	komplette UWNL Th 12/ L1- Läs.	automatische Blase	6 Monate	Oberflächenst. 6 Plattenelek- troden in Blasenwand	x keine Zeitangabe	Dekubitus heilte automatische Entlee- rung wurde seltener
"	UWNL Th 12/ L1- Läs		?	"	x	

Autoren	UMNL	?	?	Oberflächenst. 6 Platten- el.	Zeitangabe x	nach 20 Tagen setzte die Reflexfähigkeit ein
Bürgele u. Ichim 1969	inf. Myelitis 7 Pat mit UMNL	spinaler Schock	2 - 3 Wochen		x	
Archimbaud 1972	C 5/6 - Läsion	Retention wegen zu star- kem Sphinkter- widerstand	15 Mo	Oberflächenst. 8 Platten- elektroden	x 21 Mo	mehrere Pyelonephri- tiden, Gewebsun- verträglichkeit des Empfängers
"	Th 6 - 7	atonisch	14 Mo	"	x 16 Mo	Der anfangs infizier- te Urin wurde nach 1 Mo steril, und blieb steril
Graber u. R. tishauser 1972	kompl. C 5/6- Läsion	leicht hyper- tone Phase	2 J	bilaterale S 3 - Wurzel- stim.	x 20 Mo	Nn. pudendi- Sektion transurethr. Blasen- halsresektion

Tabelle 7. Übersicht über 16 Fälle mit Elektrostimulation

bei LMNL

Autor	Art der Läsion	Blasen- funktion	Dauer bis Elektrostim.	Stimulations- art	Erfolg Dauerzeit-Miß- erf. weilerf.	Bemerkungen
Hageman et al 1966	komplette Conus- Läsion	Schock- zustand	9 Wochen	Oberflächenst. 2 El. an d. dorsalen Blasen- seite	x	keine Entleerung keine Änderung des intravesikalen Druckes
Susset et al 1966	kompl. sakrale Denervation nach intrathekalen Alkoholisation	autonome Blase	mindestens 9 Mo	Oberflächenst. 8 El. in 2 Kreisen zu je 4 El.	x 13 Mo	Nach 13 Mo Drahtbruch in Zweit-Op. Schaden behoben
Habib 1967	Meningomyelo- cele	Überlauf- Inkontinenz	23 Jahre	Oberflächenst. 2 El. medial d. Uretermün- dungen	x	starke Schmerzen klon. Muskel- kontraktionen
Halverstadt u. Leadbetter 1968	Post- Partum- Retention	hypotone neurogene Blase	7 Mo	intramural 4 drahtel.	x 12 Mo	Adduktorenspasmen, nach Reoperation Verbesserung
"	Zust. nach Wertheim- Op. + Op. eines Rektum- Ca.	autonome Blase	22 Mo	"	x 4 1/2 Jahre	keine Beschwerden
"	partielle Sakralagenesie	hypotone neurogene Blase mit Retention	4 Mo	"	x	keine Entleerung Drähte zu nahe am Blasenhal Adduktorenspasmen
Burghel u. Ichim 1969	L 2 - Läsion		2 - 4 Wo	Nn. pel. si	x	keine Entleerung

Hald 1909	refr. u. vis- cero-motor. infr. u. vis- cero-motor. somato-motor. mixed lesion infra viscerom. supra somatom.	hypertone Blase Inkontinenz	7 Jahre	intramural, 2 El in anteriore Blasenwand	x 6 Mo	in die Blase, in- fektion, Steinbilan
"		unregelmäßige autonome Blase	9 Jahre	intramural 4 El, quadrilobares Arrangement	x	wenig Entleerung Abszeß d. Bauchwunde ph. ext.- Spasmen Obstruktion
"	Komplette Thalofasien	autonome Blase	1 Jahr	"	x	Abszeß, danach Periton um den Empfänger keine Entleerung
Halverstadt 1971	Zust n. vag. Hysterektomie	keine spontane Detrusorakti- vität	?	"	x	keine Entleerung Schmerzen
"	fibröser Detrusor	"	4 Jahre	"	x 1 1/4 J	Verbesserung
"	Zust. nach Wertheim-Op	" Retention	2 Jahre	"	x 6 Mo	Drahtdurchbruch durch die Bauchwand
"	"	Retention	?	"	x 2 J.	hat Restharn Detrusor beginnt mit Spontanaktivität
"	Zust n. Sectio caesarea	keine spontane Detrusoraktivi- tät	5 Jahre	"	x 1 Mo	gute Entleerung
Fraber u. Wittenauer 1972	Komplette Lähmung nach Alkoholblock	Überlaufinkonti- nenz, ureteraler Reflux	2 Jahre	bilaterale S 3 - Wurzel- stimulation	x 22 Mo	Nn. Pudendi- Sektion, transurethrale Blasenhalaresektion Reflux verschwand

E Elektrostimulation bei neurogener Inkontinenz

Bei Patienten mit Inkontinenz ist die Funktion des Beckenbodens gestört, und das Ziel eines elektrischen Implantates ist die Wiederherstellung seiner Funktion.

I Methodik

1) Beckenbodenstimulation:

Barnes (1930) war der erste, der die Inkontinenz mit suprapubischen und perinealen Elektroden behandelte. Diese Methode wurde von Alexander u. Rowan und von Caldwell angewandt. Im Tierversuch konnte gezeigt werden, daß der Urinfluß durch die Urethra sofort stoppte, nachdem das Diaphragma urogenitale elektrisch gereizt wurde (Alexander u. Rowan 1965).

a) Der Stimulator: Das Prinzip beruht auf elektromagnetischer Induktion mit Sender und Empfänger, mit dem Sinn, den Beckenboden zu kontrahieren, um so einen Verschuß der Urethra zu erreichen. Das Gerät ist - im Gegensatz zur Elektrostimulation bei Retention - dauernd eingeschaltet, und wird nur zur Miktion abgeschaltet. Der Empfänger wird in die Bauchwand implantiert. Bei Alexander's Methode (Alexander 1968) wird der Stimulator unter der Axilla getragen. Er ist mit einer "Schlingenantenne" verbunden, die auf der Haut über dem Empfänger mit Heftpflaster befestigt wird (Abb. 20).

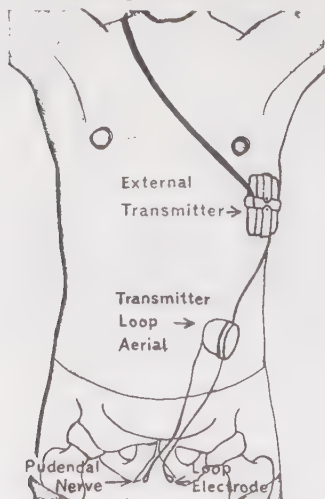


Abb. 20. Darstellung
des Implantates in situ
Aus: Alexander, S. (1968)

Bei Caldwell's Methode (Caldwell 1963, 1967, Caldwell et al 1965) wird der Sender unter der Kleidung über der Stelle des implantierten Empfängers getragen. Von Nachteil ist die Tendenz des Senders, die Lage zu wechseln, je nachdem ob der Pat. liegt, sitzt, oder steht. Von großer Wichtigkeit ist deshalb die Mitarbeit des Patienten, hauptsächlich was die korrekte Platzierung des externen Teils auf dem Implantat betrifft.

b) Die Lage der Elektroden: Caldwell (1967) legte zwei "coiled" Elektroden in die Gegend des Blasenhalbes oder an die vorderen Fasern des m. levator ani. Die Drähte führen durch die Rektusscheide zum Empfänger. Diese Stimulation ist eine Sphinkter externus- Stimulation.

Alexander legte zwei Schlingen- Elektroden an die innere Seite des ramus ischiopubicus, an den Punkt, an dem durch Probe- Elektroden die maximale Kontraktion erzielt worden war. Diese Stimulation ist eine indirekte n. pudendus- Stimulation (Alexander 1968)

2) Intravaginale Stimulation mit elektrischem Pessar (bei der Frau):

Das elektrische Pessar liefert eine kontinuierliche tetanische Kontraktion der willkürlichen Muskulatur des Beckenbodens. Es ist wahrscheinlich, daß die nn. pudendi dadurch stimuliert werden, da das Perineum, der Anus, und die proximale Urethra sich kontrahieren. Ein korrekt sitzendes übliches Pessar wird so abgeändert, daß es zwei Elektroden aus rostfreiem Stahl trägt, die so liegen, daß sie einen Winkel von 60 - 70 Grad mit dem Mittelpunkt des Pessars bilden. Von ihnen führt ein flexibles Kabel zu einem Stimulator, der unter der Axilla getragen wird (Abb. 21). Das Pessar wird so eingeführt, daß die Elektroden anterior liegen. Der Stimulus wird mit einem Schalter am Stimulator gesteuert (Alexander et al 1970).



Abb. 21. Elektrisches Pessar, Stimulator und Schulterbehalter.

Aus: Alexander, S. et al (1970)

3) Die "anal- plug"- Methode:

Die "anal- plugs" wurden von Hopkinson u. Lightwood (1967) beschrieben. Sie werden nach Gipsabdruck des Rektums aus Kunststoff hergestellt. In die Oberfläche sind zwei parallele, ringförmige Elektroden im Abstand von 1 cm eingelassen. Je eine Elektrode liegt oberhalb und unterhalb des Sphinkter ani (Abb.22)

Ein guter "anal- plug" bleibt, wenn der Pat. herumgeht, am Platze. Der tragbare Stimulator hat die Größe einer Streichholzschachtel und wird an der Unterwäsche befestigt (Alexander 1968).

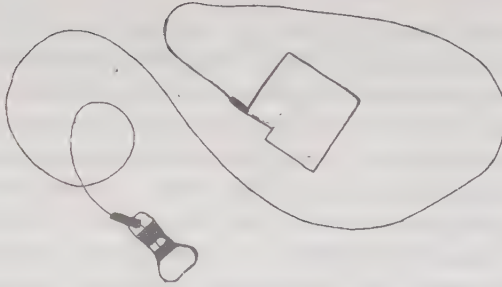


Abb. 22- Stimulator, Kabel und Intra- anal- plug.

Aus: Hopkinson, B. R. u. R. Lightwood (1967)

4) Die elektrischen Parameter:

Bei der Beckenbodenstimulation verwendete Alexander 4 - 7 V, 20 H und 1 msec, Caldwell 4 V, 20 H, und 1 msec. Wichtig ist noch zu erwähnen, daß die Spannung sehr schnell abfällt, wenn die innere und die äußere Spule nicht genau aufeinander zu liegen kommen (Abb. 23). Die Parameter beim elektrischen Pessar waren 0 - 11,5 V, 20 H und 1 msec. Von der "anal- plug"- Methode liegen keine Parameter vor

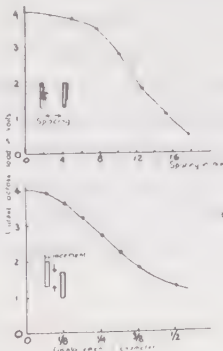


Abb. 23 Die Kurve zeigt den Spannungsabfall, wenn die beiden Spulen voneinander getrennt werden.

Aus: Caldwell, K. P. (1967)

II Ergebnisse der Elektrostimulation bei neurogener Inkontinenz:

Die Beckenbodenstimulation wurde in insgesamt 30 Fällen angewandt. Caldwell erhielt in 9 von 22 Fällen einen Dauererfolg, in 8 zeitweiligen Erfolg, und in 5 Fällen war von vornherein kein Erfolg zu erwarten gewesen. Alexander wandte diese Methode in 8 Fällen an. Er berichtet über "ermutigende Ergebnisse bei Pat. mit UMNL, die keinen Dauerkatheter getragen hatten". Mit der "anal-plug"-Methode liegt bei neurogener Inkontinenz nur ein einziger Fallbericht vor (Alexander 1968). Bei diesem Pat. kam es zu keiner Kontraktion des Beckenbodens. Das elektrische Pessar wurde in zwei Fällen angewandt. Davon verbesserte sich eine Pat.

III Diskussion

1) Vergleich der Stimulationsmethoden:

Da die willkürliche Unterbrechung des Urinflusses zuerst auf der Höhe des Diaphragma urogenitale stattfindet (Caine u. Edwards 1958) kommt Elektrostimulation dieser Gegend den physiologischen Verhältnissen am nächsten. Der häufigste Grund für das Mißlingen der Stimulation bei der Methode Caldwell's war die Wundinfektion. Bei einer Überlaufblase kam es aufgrund von Spasmen am Ureterostium zu Harnrückstau mit Entwicklung einer Harnstauungsniere. Ein weiterer Nachteil dieser Methode sind Adduktorenspasmen aufgrund von Stromausbreitung (Caldwell 1968).

Bei der Methode Alexander's ist der größte Nachteil der, daß die Elektroden im Perineum verhältnismäßig oberflächlich liegen, und es schwierig ist, Entzündungen der Operationswunde zu verhindern. Gelegentlich trat auch Beinanschwellung auf. Dennoch bietet diese Methode einige Vorteile: das Operationsgebiet ist leichter zugänglich, die Elektroden können zuverlässig befestigt werden, ihre Lage

zum motorischen Nerven ist optimal, und es treten keine Stromausbreitungserscheinungen auf, die bei Caldwell's Methode zu Reizung des n. obturatorius geführt hatten.

Die Methode mit elektrischem Pessar wurde in zu wenigen Fällen (zwei) bei neurogener Inkontinenz erprobt, um sie endgültig beurteilen zu können. Bei anderen Arten von Inkontinenz wurde sie mit Erfolg angewandt (Alexander u. Rowan 1968, Harrison u. Patterson 1967, Alexander et al 1970, Patterson u. Harrison 1970). Sie besitzt den großen Vorteil, daß auf ein Implantat verzichtet werden kann, da der Stimulator direkt mit den Elektroden verbunden ist. Damit fallen die Nachteile des Implantates -- Ulcerationen, Drucknekrosen, und die Notwendigkeit, bei technischem Versagen einen operativen Eingriff vornehmen zu müssen, weg. Es traten auch keine Stromausbreitungserscheinungen, keine Adduktorenkontraktionen, und keine Schleimhautverletzungen auf.

Auch die "anal- plug"- Methode benötigt kein Implantat. Doch wird der "plug" durch die initiale Stimuluskontraktion leicht nach innen oder außen verschoben, so daß die Elektroden nicht mehr ideal zu liegen kommen (Alexander u. Rowan 1968). Außerdem ist die Methode unhygienisch, deshalb sollte man sie nur bei anus praeter in Erwägung ziehen.

2) Indikation für Elektrostimulation bei Inkontinenz:

Man sollte die Elektrostimulation bei Inkontinenz der Chirurgie nicht von vornherein vorziehen, da diese eine Heilungsrate von 75 - 85 % hat (Griffiths 1968). Sie sollte bei solchen Patienten zur Anwendung kommen, die erfolglos chirurgisch behandelt wurden, oder bei denen diese Methoden kontraindiziert sind.

Während Alexander die Indikation auf Patienten mit UMNL beschränkt, macht Caldwell keine Beschränkung hinsichtlich

der Höhe der Läsion, und empfiehlt Elektrostimulation auch für Pat. mit Meningomyelocele. Beide Autoren empfehlen eine Stimulation nur bei Patienten, bei denen die perineale Probestimulation mit perkutanen Nadelelektroden erfolgreich gewesen war. Bei alten und geistig behinderten Pat. sollte Elektrostimulation nicht angewandt werden, da sie den Apparat nicht richtig bedienen können.

Zusammenfassung

Es wurden die verschiedenen Methoden der Elektrostimulation bei neurogen gestörter Harnblase beschrieben, und alle Fälle bis zum Jahre 1972 zusammengestellt. An Hand dieser Fälle und von Tierversuchen wurden die verschiedenen Methoden auf ihre Brauchbarkeit untersucht. Für eine solche Untersuchung war die Zahl der Fälle gering, doch konnten die wesentlichen Punkte herausgearbeitet werden:

1) Bei Retention:

Die beste Methode ist Oberflächenstimulation des Detrusors mit Plattenelektroden aus Platin. Eine größere Anzahl von Elektrodenpaaren (3 und mehr) ergibt eine gleichmäßiger Detrusorreizung, als nur wenige Elektrodenpaare, und die Spannung kann dadurch verringert werden. Dies ist deshalb wesentlich, weil man dadurch die Ausbreitung des Stromes, die Beckenbodenkontraktionen zur Folge hat, die die Entleerung unmöglich machen, weitgehend vermeiden kann. Die Spannung sollte möglichst unter 5 V liegen. Die Frequenz von 20 H ist optimal, und die Impulsdauer sollte in der Gegend von 5 msec liegen. Die optimale Impulsform ist die biphasische Quadratwelle.

Die Elektroden sollten alternativ gepolt sein, und entfernt vom Blasen Hals liegen, so daß der Strom nicht so leicht in den Beckenboden fließen kann. Abb.18 zeigt eine Anordnung, die diesen Forderungen weitgehend entspricht. Die konsequente Weiterführung dieser Gedanken führt zu der Forderung einer Netzelektrode.

2) Bei Inkontinenz:

Es wurden die verschiedenen Methoden beschrieben und verglichen. Die eleganteste Methode bei der Frau ist die mit elektrischem Pessar, beim Mann Beckenbodenstimulation mit der Methode von Alexander.

Elektrostimulation sollte bei Inkontinenz nur dann angewandt werden, wenn auf chirurgischem Weg kein Erfolg erzielt wurde, ferner bei Pat. mit UMNL, die keinen Dauerkatheter getragen hatten, und bei LMNL.

Die Elektrostimulation der neurogen gestörten Harnblase ist noch im Anfangsstadium. Es ist für die Rehabilitation von tausenden von Paraplegikern sehr zu wünschen, daß sie mit ihrer Hilfe in Zukunft eine gute und problemlose Blasenentleerung bekommen könnten.

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich Herrn
Priv. Doz. Dr. E. Elsässer für die Über-
lassung des Themas und die jederzeit
freundlich gewährte Unterstützung
herzlichst danken.

Literatur

ABE, N.: " Studies on electric stimulation of the bladder with lower motor neuron lesion of the spinal cord." Jap. J. Urol. 60, 1143 - 1150 (1969)

ALEXANDER, S.: " Research and clinical experience in the treatment of the neurogenic bladder by electronic implant and prostheses." Paraplegia 6, 183 - 193 (1968)

ALEXANDER, S. and D. ROWAN: "Experimental evacuation of the bladder by means of implanted electrodes." Brit. J. Surg. 52, 808 - 812 (1965)

ALEXANDER, S. and D. ROWAN: " An electric pessary for stress incontinence." Lancet 1, 728 (1968 a)

ALEXANDER, S. and D. ROWAN: " Electrical control of urinary incontinence by radio implant." Brit. J. Surg. 55, 358 - 364 (1968 b)

ALEXANDER, S., D. ROWAN, W. MILLAR, and R. SCOTT: "Treatment of urinary incontinence by electric pessary. A report of 18 patients." Brit. J. Urol. 42, 184 - 190 (1970)

ALLERT, M. L., und H. K. BÜSCHER: "Zur Diagnose und Therapie der akuten und chronischen Harnverhaltung bei Erkrankungen des Nervensystems." Deutsch Z Nervenheilk. 186, 395 - 409 (1964)

AMBACHE, N. and M. ABOO ZAR: "Non- cholinergic transmission by post-ganglionic motor neurones in the mammalian bladder." J. Physiol. (London) 210, 761 - 783 (1970)

ANAGNOSTOPOULOS, C. E., and W. F. GLENN: "Electronic pace-makers of the heart, gastrointestinal tract, phrenic nerve, bladder, and carotid sinus: current status." Surgery 60, 480 - 494 (1966)

ARCHIMBAUD, J. P.: " La stimulation électrique du detrusor. A propos de deux cas bénéficiant de 13 et 9 mois de recul." Acta Urol. Belg. 38, 433 - 442 (1970)

ARCHIMBAUD, J. P.: " Deux observations de stimulation du detrusor chez l'homme". Neurogene Blasenstörungen. Aktuelle Probleme. Tagung der Neurologisch- Urologischen Arbeitsgemeinschaft in Mülhausen (Frankreich). Hrsg. Allert u. Dollfus. Thieme (1972) 131 - 134

BARNES, R. W.: " Treatment of the neurogenic bladder with the slow sinusoidal current." Urol & Cut. rev. 34, 541 - 543 (1930)

BENNET, M. R. and D. C. RODGERS: "A study of the innervation of the taenia coli." J. Cell. Biol. 33, 573 - 596 (1967)

BODECHTEL, G. und A. SCHRADER: "Die Erkrankungen des Rückenmarks einschließlich Multipler Sklerose und Neurofibromatose Recklinghausen." Handbuch der Inneren Medizin Bd. 5, Teil 2, 4. Aufl. Hrsg: Bergmann, Frey, Schwiegl: Springer(1953), 300 - 776.

BORS, E.: " Effect of electric stimulation of the pudendal nerves on the vesical neck, it's significance for the function of cord bladders: a preliminary report." J. Urol. (Baltimore) 67, 925 - 934 (1952)

BORS, E.: " Neurogenic bladder." Urol. Survey 7, 177-250 (1957)

BORS, E. and A. E. COMARR: "Neurological Urology." S. Karger, Basel (1971)

BOYCE, W. H., J. E. LATHEM, and L. D. HUNT: "Research related to the development of an artificial electrical stimulation for the paralyzed human bladder: a review." J. Urol. (Baltimore) 91, 41 - 51 (1964)

BOZLER, E.: "Conduction, automaticity, and tonus of visceral muscles." *Experientia* 4, 213 - 218 (1948)

BRADLEY, S. E., L. E. WITTMERS, S. N. CHOU, and L. A. FRENCH: "Use of a radio-transmitter receiver unit for the treatment of neurogenic bladder." J. Neurosurg. 19, 782 - 786 (1962)

BRADLEY, W. E., S. N. CHOU, and L. A. FRENCH: "Further experience with the radio-transmitter receiver unit for the neurogenic bladder." J. Neurosurg. 20, 953 - 960 (1963 a)

BRADLEY, W. E., L. E. WITTMERS, and S. N. CHOU: "An experimental study of the treatment of the neurogenic bladder." J. Urol. (Baltimore) 90, S. 280 - 295 (1965)

BRO-RASMUSSEN, F., A. H. SØRENSEN, E. BREDAHL, and A. KELSTRUP: "The structure and function of the urinary bladder." Urol. int. 19, S. 280 - 295 (1965)

BUDGE, J.: "Über den Einfluß des Nervensystems auf die Bewegung der Blase." Z. rat. Med. 21, 1 - 16 (1864)

BUNCE, P. L.: "Transurethral resection and Y-V-plasty for neurogenic bladder." The neurogenic bladder. Hrsg. S. Boyarski, Williams & Wilkins-Verl. Baltimore (1967) 196 - 199

BURGHELE, Th., and V. ICHIM: "Erfahrungen über die Elektrostimulation der neurogenen Harnblase." Neurogene Blasenstörungen. Aktuelle Probleme. Tagung der Neurologisch-Urologischen Arbeitsgemeinschaft Homburg/S. Hrsg. Allert, Bressel, Sökeland. Thieme (1969) 39 - 44

BURGHELE, Th. and V. ICHIM: " The neurogenic bladder in spinal cord injury." Handbuch der Urologie Bd. 23/2, Hrsg. Alken, Dix, Goodwin, Wildbolz: Springer (1970) 160 - 232

BURGHELE, Th. and V. ICHIM: " Behandlungsmöglichkeiten bei neurogen gestörter Harnblase." Neurogene Blasenstörungen. Aktuelle Probleme. Tagung der Neurologisch- Urologischen Arbeitsgemeinschaft in Mülhausen (Frankreich). Hrsg. Allert u. Dollfus. Thieme (1972) '120 - 131

BURGHELE, Th., V. ICHIM, and M. DEMETRESCU: " L'électroexcitation de la vessie médullaire. Etude expérimentale." J. Urol. méd. 64, 317 - 329 (1958 a)

BURGHELE, Th., V. ICHIM, et M. DEMETRESCU: "Contribution à la physiologie de la miction. Etude expérimentale." Acta urol. Belg. 26 S. 43 - 47 (1958 b)

BURGHELE, Th., V. ICHIM, et M. DEMETRESCU: "Etude expérimentale sur l'évacuation de la vessie médullaire. Méthode d'excitation transcutanée des nerfs pelviens par un dispositif utilisant l'induction électromagnétique. Déductions thérapeutiques." Urol. int. 8, 32 - 37 (1959 a)

BURGHELE, Th., V. ICHIM, and M. DEMETRESCU: "Experimental studies on the physiology of micturition and the emptying of the urinary bladder in patients with lesions of the spinal cord." Rumanian Med. Rev. 3 (1) 48 - 51 (1959 b)

BURNSTOCK, G. and M. E. HOLMAN: "The transmission of excitation from autonomic nerve to smooth muscle." J. Physiol (London) 155, 115 - 133 (1961)

CAINE, M. and D. EDWARDS: "The peripheral control of micturition. A cineradiographic study." Brit. J. Urol 30, 34 - 42 (1958)

CALDWELL, K. P. S.: "The electrical control of sphincter incompetence." *Lancet* 2, 174 - 175 (1963)

CALDWELL, K. P. S.: "The treatment of incontinence by electronic implants." *Ann. Roy. Coll. Surg. Engl.* 1966 (1967)

CALDWELL, K. P. S., F. C. FLACK, and A. F. BROAD: "Urinary incontinence following spinal injury treated by electronic implant." *Lancet* 1, 846 - 847 (1965)

CALDWELL, K. P. S., P. J. COOK, F. C. FLACK, and E. D. JAMES: "Urethral pressure recordings in male incontinents under electrical stimulation." *Invest. Urol.* 5, 572 - 579 (1968)

CARPENTER, F. G. and S. RAND: "Relation of acetylcholine release to responses of the rat urinary bladder." *J. Physiol (London)* 180, 371 - 382 (1965)

CARSTENSEN, H. E., P. S. FREED, D. A. MOLONY, and A. KANTROWITZ: "External sphinkter fatigue as an adjunct to electrical detrusor stimulation." *Invest. Urol.* 7, 387 - 397 (1970)

CHIARI, R.: "Urologische Probleme der lumbalen Meningomyelocele." *Z. Urol.* 62, 65 - 79 (1969)

CLEGG, E. J.: "The musculature of the human prostatic urethra." *J. Anat.* 91, 345 - 351 (1959)

CONWAY, C. and W. E. BRADLEY: "Measurement of spread of excitation in the urinary detrusor muscle during reflex induction." *J. Urol. (Baltimore)* 533 - 538 (1969)

CURRIE, R. J., A. A. BILBISI, J. C. SCHIEBLER, and R. C. BUNTS: "External sphincterotomy in paraolegics. Techniques and results." *J. Urol. (Baltimore)* 109, 64 - 68 (1970)

DAMANSKI, M.: " The neurogenic bladder of non- traumatic origin." Paraplegia 6, 150 - 157 (1968)

DAMANSKI, M. and A. S. KERR: "The value of cysto- urethrography in paraplegia." Brit. J. Surg. 44, 398 - 407 (1957)

DAMANSKI, M. and N. GIBBON: " The upper urinary tracts in the paraplegic: a long- term survey." Brit. J. Urol. 28, 24 - 36 (1956)

DAVIS, J. E., M. MORILLO, and J. W. DRAPER: " Measurements of urethral resistance." J. Urol. (Baltimore) 85, 586 - 92 (1961)

DEES, J. E.: " Contraction of the urinary bladder produced by electric stimulation." Invest. Urol. 2, 539 - 547 (1965)

DENNY- BROWN, D. E.: " Nervous disturbances of the vesical sphincter." New Engl. J. Med. 215, 647 - 650 (1936)

DENNY- BROWN, D. E. and E. G. ROBERTSON: " On the physiology of micturition." Brain 56, 149 - 190 (1933)

DEWEY, M. M. and L. BARR: " Intercellular connection between smooth muscle cells: the nexus." Science 137, 670 - 672 (1962)

DEWEY, M. M. and L. BARR: " A study of the structure and distribution of the nexus." J. Cell. Biol. 23, 553 - 86 (1964)

EISENBERG, L., A. MAURO, W. L. GLENN, and J. HAGEMAN: "Radio frequency stimulation: a research and clinical tool." Science 147, 578 - 582 (1965)

ELLENBERG, M.: " Diabetic neurogenic vesical dysfunction." Arch. int. Med. 117, 348 - 354 (1966)

ELLIOTT, T. R.: " The innervation of the bladder and urethra." J. Physiol. (London) 35, 367 - 445 (1907)

ELLIS, F., J. PARKER, and M. HILLS: " Experimental electrical stimulation of the bladder." Brit. J. Surg. 51, 857 - 863 (1964)

ELLIS, F., J. PARKER, and P. LALE: " The treatment of experimental cord bladder by electrical stimulation." Brit. J. Urol. 37, 129. - 138 (1965)

ELSÄSSER, E.: " Indikation zum urologischen Eingriff bei traumatischen Querschnittslähmungen." Med. Welt. 44, 1910 - 1912 (1970)

ELSÄSSER, E.: " Harnableitung und Samentransport." Münch. med. Wschr. 116, 39 - 44 (1974)

ELSÄSSER, E. and E. STOEPHASIUS: " Urological operations for improvement of bladder voiding in paraplegic patients." Paraplegia 10, 68 - 77 (1972)

EMMETT, J. L.: " Transurethral resection in treatment of true and pseudo cord bladder." J. Urol (Baltimore) 53, 545 - 564 (1945)

EMMETT, J. L.: " Further observations in the management of cord bladder by transurethral resection." J. Urol. (Baltimore) 57, 29 - 41 (1947)

EMMETT, J. L., D. D. ALBERS, R. E. ANDERSON: "Statistical and analytic review of the final results of transurethral resection for cord bladder." J. Urol. (Baltimore) 65, 36 - 59 (1951)

ENHÖRNING, G.: " Simultaneous recording of intravesical and intraurethral pressure. A study on urethral closure in normal and stress incontinent women." Acta Chir. Scand. Suppl. 276, 1 - 68 (1961)

FEDERSCHMIDT , K : " Zur Ätiologie des vesico- ureteralen Refluxes." Urol. int. 19, 297 - 308 (1965)

FELDERHOFF, D., M. C. DE JONGE, and J. A. KORNELIS: "Elekt-
rische stimulatie van de neurogene Blaas." Ned. Tijds.
Geneesk. 18, 788 - 791 (1971)

FENDER, F. A.: " Convulsive phenomena produced by a new
method of remote excitation." Arch. Neurol. Psych. 45,
617 - 632 (1941)

FLETCHER, T. and W. BRADLEY : "Comparative morphology of
urinary bladder and nerves." Amer. J. vet. Res. 30, 1655 -
1662 (1969)

FLETCHER, T., R. HAMMER, and W. BRADLEY: " Nerve endings
in the urinary bladder of the cat." J. comp. Neurol. 136,
1 - 20 (1969)

GEISE, A. W., W. E. BRADLEY, S. N. CHOU, and L. A. FRENCH:
" Study of continuous and intermittent catheter drainage
on bladder evacuation by direct electrical stimulation."
Surg. Forum 14, 493 - 494 (1963)

GIBBON, N.: " Management of the bladder in acute and chronic
disorders of the nervous system." Acta Neurol. Scand. Suppl.
20, 42, 133 - 153 (1966)

GLENN, W. L. , J. H. HAGEMAN, A. MAURO, L. EISENBERG, S.
FLANIGAN, and M. HARVARD: "Electrical stimulation of exci-
table tissue by radio- frequency transmission." Ann. Surg.
160, 338 - 350 (1964)

GRABER, P. und G. RUTISHAUSER: " Vorversuche im Hinblick
auf eine klinisch anwendbare elektrische Blasenentleerung."
Z. Urol. 58, 173 - 180 (1965)

GRABER, P. und G. RUTISHAUSER: "Störmechanismen am Blasen-
hals bei elektrischer Blasenstimulation im Tierversuch."
Neurogene Blasenstörungen. Aktuelle Probleme. Tagung der
Neurologisch- Urologischen Arbeitsgemeinschaft in Homburg/S.
Hrsg. Allert, Bressel, Sökeland. Thieme (1969), 45 - 48

GRABER, P. und G. RUTISHAUSER: "Zur Indikationsstellung
und klinischen Anwendung der elektrischen Blasenstimulation."
Neurogene Blasenstörungen. Aktuelle Probleme. Tagung der
Neurologisch- Urologischen Arbeitsgemeinschaft in Mülhau-
sen (Frankreich). Hrsg. Allert u. Dollfus. Thieme (1972)
114 - 120

GRABER, P., G. Rutishauser, und G. Wolff: "Experimentelle
Untersuchungen über den Öffnungs- und Schließmechanismus
der elektrisch stimulierten Blase." Urol. int. 21, 182 -
189 (1966)

GREIG, J. and A. RITCHIE: "A simple apparatus for remote
nerve stimulation in the unanesthetized animal." Proc.
of Phys. Soc. 103, 8 P (1944, 1945)

GRICE, H. C. and D. M. MAKOW: "Bladder evacuation by elect-
rical stimulation of the rectum." J. Urol. (Baltimore) 94,
564 - 565 (1965)

GRIEVE, J.: "The role of disturbed pressure gradients in
recurrent urinary infection." Brit. J. Urol. 39, 289 -
295 (1967)

GRIFFITHS, J.: "Observations on the urinary bladder and
urethra." J. Anat. Physiol. 25, 535 - 549 (1891)

GRIFFITHS, J.: "Observations on the urinary bladder and
urethra. Part II" J. Anat. Physiol. 29, 61 - 63 (1895)

GRIFFITHS, J. H.: "Transplantation of the gracilis muscle
for the control of urinary incontinence in women." Brit.
J. Urol. 40, 747 - 752 (1968)

GUTTMANN, L.: " Die Pathophysiologie und Behandlung der neurogenen Blase." Verhandlungsbericht der deutschen Gesellschaft für Urologie 1965. 98 - 112 Springer(1966)

GUTTMANN, S.: " Prinzipien und Methoden in der Behandlung und Rehabilitation von Rückenmarksverletzten." Neuro-Traumatologie mit Einschluß der Grenzgebiete. Bd. II Urban u. Schwarzenberg- Verl. Hrsg. Kessel, Guttman, Maurer (1971), 76 - 163.

GUTTMANN, L.: " Erfahrungen in der konservativen Behandlung neurogener Blasenentleerungsstörungen." Neurogene Blasenstörungen. Aktuelle Probleme. Tagung der Neurologisch-Urologischen Arbeitsgemeinschaft Homburg/S.: Allert, Bressel, Sökeland: Thieme (1969), 1 - 10

GUTTMANN, L. and H. FRANKEL: " The value of intermittent catheterisation in the early management of traumatic paraplegia and tetraplegia." Paraplegia 4, 63 - 84 (1966)

HABIB, H.: " Neural trigger points for evacuation of neurogenic bladder by electrostimulation." Surg. Forum 14, 489 - 491 (1963)

HABIB, H.: " Experience and recent contributions in sacral nerve stimulation for voiding in both human and animal." J. Urol. (Baltimore) 39, 73 - 83 (1967)

HAGEMAN, J., S. FLANIGAN, M. HARVARD, and W. L. GLENN: " Electromicturition by radiofrequency stimulation." Surg. Gynec. Obstet. 123, 807 - 811 (1966)

HALD, T.: " Neurogenic dysfunction of the urinary bladder. An experimental and clinical study with special reference to the ability of electrical stimulation to establish voluntary micturition." Bull. Dan. Med. 16, suppl. 2, 1 - 149 (1969)

HALD, T., G. AGRAWAL, and A. KANTROWITZ: "Studies in stimulation of the bladder and its motor nerves." Surgery 60, 848 - 856 (1966 a)

HALD, T., P. S. FREED, and A. KANTROWITZ: " Mode of excitation in the urinary bladder during electrical stimulation." Trans. Am. Soc. artif. Org. 12, 329 - 333 (1966 b)

HALD, T., P. S. FREED, G. AGRAWAL, and A. KANTROWITZ: "urethral resistance during electrical stimulation." Invest. Urol. 4, 274 - 256 (1966 c)

HALD, T., W. MEIER, A. KHALILI, G. AGRAWAL, J. G. BENTON, and A. KANTROWITZ: " Clinical experience with a radio-linked bladder stimulator." J. Urol. (Baltimore) 97, 73 - 78 (1967)

HALD, T. and T. MYGIND: " Radiological study of electrically induced micturition." Invest. Urol. 4 152 - 160, (1966)

HALD, T. and I. ROSSEL: "Electrostimulation of the urinary bladder in normal cats." Acta chir. Scand. 128, 414 - 420 (1965)

HALD, T. and I. ROSSEL: "Electrostimulation of the urinary bladder in the paraplegic cat." Acta chir. Scand. 130, 247 - 254 (1965)

HALVERSTADT, D. B.: " Electrical stimulation of the human bladder: 3 years later." J. Urol. (Baltimore) 673 - 677 (1971)

HALVERSTADT, D. B. and W. F. LEADBETTER: "Electrical stimulation of the human bladder: experience in three patients with hypotonic neurogenic bladder dysfunction." Brit. J. Urol. 40, 175 - 182 (1968)

HAMBERGER, B. and K. A. NORBERG: " Adrenergic synaptic terminals and nerve cells in bladder ganglia of the cat." Int. J. Neuropharmacol. 4, 41 - 45 (1965)

HARTMAN, C. G. and W. L. STRAUS Jr.: " The anatomy of the rhesus monkey." Hafner Publishing Co, New York 1933

HEGRE, E. S. and E. INGERSOLL: " An analysis of regional variations in the response of the detrusor muscle to electrical stimulation of the hypogastric nerves." J. Urol.(Baltimore) 61, 1037 - 1047 (1949)

HEISS, R.: " Über den Sphinkter vesicae internus." Arch. Anat. Anat. Abtlg. d. Arch Anat. Physiol. 367 - 383 (1915)

HOCK, E. F.: " Prevention of urinary incontinence following radical prostatectomy: a preliminary report." J. Urol. (Baltimore) 66, 753 - 757 (1951)

HOFMAN, P.: "Bladder and sphincter functions and their disorders." Handbook of clinical neurology, Bd. 1 : Vinken, Bruyn S. 356 - 403 (1969)

HOLMQUIST, B. and T. OLIN: " Electromicturition in male dogs at pelvic nerve stimulation." Scand. J. Urol. 2, 115 - 126 (1968)

HOLMQUIST, B. and W. J. STAUBITZ: " The role of the pudendal nerve in connection with electronic emptying of the neurogenic cord bladder in dogs." J. Urol. (Baltimore) 98, 198 - 204 (1967)

HOLMQUIST, B., W. J. STAUBITZ, and W. GREATBATCH: " The use of dual electrodes for electromicturition by pelvic nerve stimulation in dogs." Invest. Urol. 5, 1 - 11 (1967)

HOPKINSON, B. R. and R. LIGHTWOOD: " Electrical treatment of incontinence." Brit. J. Surg. 54, 802 - 805 (1967)

HUNTER, W. D. de Jr.: " A new concept of urinary bladder musculature." J. Urol. (Baltimore) 71, 695 - 704 (1954)

HUTCH, J. A.: "The internal urinary sphincter: a double-loop system." J. Urol. 103, 375 - 383 (1971)

HUTCH, J. A.: "The mesodermal component: its embryology, anatomy, physiology and role in prevention of vesicoureteral reflux." J. Urol. (Baltimore) 108, 406 - 410 (1972)

HUTCH, J. A. and A. D. AMAR: "Vesicoureteral reflux." Handbuch der Urologie Bd. VII/1, Hrsg. Alken, Dix, Weyrauch, Wildbolz: Springer (1968) 1 - 50

IGGO, A.: "Tension receptors in the stomach and urinary bladder." J. Physiol. (London) 128, 593 - 607 (1955)

INGERSOLL, E. H., L. L. JONES, and E. S. HEGRE: "Urinary bladder response to unilateral stimulation of hypogastric nerves." J. Urol. (Baltimore) 72, 178 - 190 (1954)

INGERSOLL, E. H., L. L. JONES, and E. S. HEGRE: "Urinary bladder response to unilateral stimulation of pelvic nerves." Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 88, 46 - 49 (1955)

INGERSOLL, E. H., L. L. JONES, and E. S. HEGRE: "Effect on urinary bladder of unilateral stimulation of pelvic nerves in the dog." Am. J. Physiol. 189, 167 - 172 (1957)

JAMESON, R. M.: "Surgical management of the neurogenic bladder and its complications." Brit. J. clin. Pract. 23, (1969)

JONGE, M. C. de, J. A. KORNELIS, and J. van den BERG: "Electrically induced evacuation of the neurogenic bladder." Acta Neurol. Scand. suppl. 20, 42, 155 - 173 (1966 a)

JONGE, M. C. de, J. A. KORNELIS, and J. van den BERG: "Long-term electrically induced evacuation of the neurogenic bladder in dogs." Develop. Med. Child Neurol. suppl. 11, 77 - 87 (1966 b)

KANTROWITZ, A. and M. SCHAMAUN: " Bladder evacuation in paraplegic dogs by direct electric stimulation." J.A.M.A. 187, 595 - 597 (1964)

KASTERT, J.: " Die Bedeutung der gelähmten Blase bei Spondylitis tuberculosa aus heutiger Sicht." Neurogene Blasenstörungen. Aktuelle Probleme. Tagung der Neurologisch-Urologischen Arbeitsgemeinschaft Homburg/S.: Allert, Bressel, Sökeland: Thieme(1969) . 31 - 33

KATONA, F.: " Elektromos ingerlés a hólyagbenulások diagnosztikájában és terápiájában." Orvosi hetilap 99, 277 - 278 (1958)

KELLY, R. E. and P. C. GAUTIER-SMITH : " Intrathecal phenol in the treatment of reflex spasms and spasticity." Lancet II, 1102 - 1105 (1959)

KLEYNTJENS, F. and O. R. LANGWORTHY: " Sensory nerve endings on the smooth muscle of the urinary bladder." J. comp. Neurol. 67, 367 - 380(1937)

KOONTZ, W. and G. R. PROUT: " Agenesis of the sacrum and the neurogenic bladder." J.A.M.A. 203, 481 - 489 (1968)

KUNTZ, A.: " Physiology of urinary bladder and urethra, normal and pathological." Handbuch der Urologie Bd. II: Alken, Dix, Weyrauch, Wildbolz: Springer 539 - 583 (1965)

KURU, M.: " Nervous control of micturition." Physiol. Rev. 45, 425 - 494 (1967)

LALE, P. G.: " Muscular contraction by implanted stimulators." Med. & Biol. Engn. 4, 319 - 331 (1966)

LAPIDES, J.: " Structure and function of the internal vesical sphincter." J. Urol.(Baltimore) 80, 341 - 353 (1958)

LAPIDES, J., H. O. GRAY, and J. C. RAWLING: "Function of striated muscle in control of urination (I): Effect of pudendal block." Surg. Forum 6, 611 - 612 (1955)

LAPIDES, J., R. B. SWEET, and L. W. LEWIS: "Role of striated muscle in urination." J. Urol. (Baltimore) 77, 247 - 250 (1957)

LEARMONTH, J. R.: "A contribution to the neurophysiology of the urinary bladder and the sphincter of the rectum." Brain 54, 147 - 176 (1931)

LE GROS CLARK, F.: "Some remarks on the anatomy and physiology of the urinary bladder and the sphincter of the rectum." J. Anat. Physiol. 17, 442 - 459 (1883)

LEXIKON DER PHYSIK. Hrsg. Hermann Franke: Frankh'sche Verlagshandlung Stuttgart (1969)

LIGHT, R. U. and E. L. CHAFFEE: "Electrical excitation of nervous system - introducing a new principle: remote control. Preliminary report." Science 79, 299 - 300 (1934)

LORD, K. H. and R. C. BUNTS: "Present urologic status of the World War II paraplegic: ten - year followup." J. Urol. (Baltimore) 75, 66 - 74 (1956)

LOUCKS, R. B.: "Preliminary report of a technique for stimulation or destruction of tissues beneath the integument and establishing of conditioned reactions with faradization of the cerebral cortex." J. comp. Psychol. 16, 439 - 444 (1933)

MC CREA, E. D.: "The musculature of the bladder." Proc. Roy Soc. Med. 19, 35 - 43 (1926)

MADERSBACHER, H.: "Der Wert des intermittierenden Blasen-katheterismus bei frischen Querschnittsläsionen." Actuelle Urol. 4, 83 - 85 (1972)

MALLOY, T., J. KOMINS, T. J. ROHNER, and H. W. SCHOENBERG:
" The effect of retropubic revision of the bladder neck upon
electrical stimulation of the neurogenic bladder." J. Urol.
(Baltimore) 98, 347 - 348 (1967)

MARGOLIS, G. J.: " A review of literature on psychogenic
urinary retention." J. Urol. (Baltimore) 94, 257 - 258
(1965)

MARKLAND, C., S. N. CHOU, W. BRADLEY, H. WESTGATE, and J.
WOLFSON: " Some problems in the use of intermittent vesical
electronic stimulation." Invest. Urol. 4, 168 - 172 (1966)

MAURO, A., P. D. WALL, L. M. DAVEY, and A. M. SCHER: " Cent-
ral nervous stimulation by implanted high frequency recei-
ver." Fed. Proc. 9, 86 (1950)

MELICK, W. F.: " Electrical stimulation in urology." J.
Urol. (Baltimore) 103, 815 - 821 (1970)

MILLER, H., C. A. SIMPSON, and W. K. YEATES: " Bladder dys-
function in multiple sclerosis." Brit. Med. J. 1, 1265 -
1269 (1965)

MIYOSHI, T.: " A study of the vesical sphincter." Jap.
J. Urol. 58, 542 - 549 (1967)

MOGIL, R. A., D. PAXTON, and H. W. SCHOENBERG: " Facilita-
tion of voiding during electrical stimulation of the neuro-
genic bladder." J. Urol. (Baltimore) 105, 388 - 391 (1971)

MOGIL, R. A., C. L. Jr. STROHL, and H. W. SCHOENBERG: " Im-
proved voiding during electrical stimulation of the bladder." J.
Urol. (Baltimore) 100, 726 - 728 (1968)

MOMOSE, G., H. ENDO, and H. ITO: " Electrical stimulation
of the bladder: 1. Experimental studies." Jap. J. Urol.
60, 109 - 114 (1969)

MORALES, P. A.: " Renal complications of the neurogenic bladder." The neurogenic bladder. Hrsg. S. Boyarski, Williams & Wilkins: Baltimore , 165 - 168 (1967)

MUELLNER, S. R.: " The voluntary control of micturition in man." J. Urol (Baltimore) 80, 473 - 478 (1958)

NASHOLD, B. S. Jr., H. FRIEDMANN, and S. BOYARSKI: " Electrical activation of micturition by spinal cord stimulation." J. Surg. Res. 11, 144 - 147 (1971)

NATHAN, P. W.: " Intrathecal phenol to relieve spasticity in paraplegia." Lancet 2 1099 - 1102 (1959)

NEWMAN, H. W., FENDER, F. A., and W. SAUNDERS: " High frequency transmission of stimulating impulses." Surg. 2, 359 - 362 (1937)

NYBERG- HANSEN, R.: " Innervation and nervous control of the urinary bladder." Acta Neurol. Scand. suppl. 20, 42, 7 - 24 (1966)

NYO, M. M.: " The musculature of the human urinary bladder and its sphinkters." J. Anat. 105, 191 (1969)

OTT, R. and A. B. ROSSIER: " Der intermittierende Blasen-katheterismus in der Behandlung der akuten Querschnittslähmung." Actuelle Urol. 4, 79 - 82 (1972)

PATERSON, P. J. and N. W. HARRISON: " Electronic techniques in the treatment of female urinary incontinence." J. Obst. Gynec. 77, 732 - 737 (1970)

PEDERSEN, E. and B. E. JAKOBSEN: " Bladder- neck resection in multiple sclerosis." Neurogene Blasenstörungen. Aktuelle Probleme. Tagung der Neurologisch- Urologischen Arbeitsgemeinschaft in Mülhausen (Frankreich). Hrsg. Allert, Dollfus. Thieme. 111 - 114(1972)

POTEMPA, J.: "Probleme der Blasenaußlaßstörung während der Elektrostimulation der Harnblase bei querschnittsgelähmten Patienten." Neurogene Blasenstörungen. Aktuelle Probleme. Tagung der Neurologisch- Urologischen Arbeitsgemeinschaft Homburg / S. Hrsg. Allert, Bressel, Sökeland: Thieme 48 - 55 (1969)

POTEMPA, J. und A. DITTMAR: "Aktive Entleerung der neurogen gestörten Blase mittels eines elektrischen Schrittmachers." Verhandlungsbericht der deutschen Gesellschaft für Urologie 1965: Springer, 136 - 141 (1966)

PROSSER, C. L.: "Conduction in nonstriated muscles." Physiol. Rev. 42, 193 - 206 (1962)

PROSSER, C. L.: "Electrical and mechanical properties of visceral smooth muscle." The neurogenic bladder. Hrsg. S. Boyarski: Williams & Wilkins: Baltimore, 51 - 55 (1967)

ROHNER, T. J. and H. W. SCHOENBERG: "The effect of retro-pubic revision of the bladder neck upon voiding induced by electrical stimulation." J. Urol. (Baltimore) 919 - 920 (1966)

ROSS, J. C.: "Vesico- ureteric reflux in the neurogenic bladder." Brit. J. Surg. 52, 164 - 167 (1965)

ROSS, J. C.: "Neuromuscular dysfunction and paraplegia." Handbuch der Urologie Bd. XII: Alken, Dix, Weyrauch, Wildbolz: Springer 58 - 111 (1960)

ROSS, J. C., N. O. K. GIBBON, and M. DAMANSKI: "Further experiences with division of the external urethral sphincter in the paraplegic." J. Urol. (Baltimore) 89, 692 - 695 (1963)

ROSS, J. C., N. O. K. GIBBON, and M. DAMANSKI: "Bladder dysfunction in non- traumatic paraplegia." Lancet 1, 779 - 782 (1964)

ROSS, J. C., N. O. K. GIBBON, and M. DAMANSKI: " Division of the external sphincter in the treatment of the neurogenic bladder." Brit. J. Surg. 54, 627 - 628 (1967)

ROUSSY, G. et ROSSI, J.: " Troubles de la miction et de la défécation consécutifs aux lésions expérimentales du cône luminal ou de la queue de cheval chez le singe." C. R. Soc. Biol. (Paris) 64, 640 - 642 (1908)

SCHAMAUN, M. and A. KANTROWITZ: " Management of neurogenic urinary bladder in paraplegic dogs by direct electric stimulation of the detrusor." Surgery 54, 640 - 650 (1963)

SCHER, S.: " Some observations on the anatomy of the bladder neck and posterior urethra with reference to the prostatic obstruction." Brit. J. Urol. 22, 116 - 124 (1950)

SCHOENBERG, H. W., J. M. MURPHY, and D. C. YOUNG: " Electrical stimulation of the bladder." J. Urol. (Baltimore) 89, 820 - 821 (1963)

SCHOENBERG, H. W., and D. C. YOUNG: " The effect of urecho-line upon electrical stimulation of the bladder." Surgery 59, 842 - 844 (1966)

SCHOENBERG, H. W., D. C. YOUNG, and J. J. MURPHY: " Electrical stimulation of the urinary bladder." Surg. Forum 13, 509 - 510 (1962)

SCOTT, F. B., E. M. QUESADA, D. CARDUS, and T. LASKOWSKI: " Electronic bladder stimulation: dog and human experiments." Invest. Urol. 3, 231 - 243 (1965)

SHABAZIAN, A. A.: " Evacuation of the bladder with various electrical stimuli." J. Urol. (Baltimore) 59 - 61 (1969)

SMITH, D.: " Allgemeine Urologie" Urban u. Schwarzenberg München (1968)

SMYTHE, C. A.: "External sphincterotomy in the management of the neurogenic bladder: a preliminary report." J. Urol. (Baltimore) 96, 310 - 312 (1966)

STAUBITZ, W. J., S. F. CHENG, H. W. GILLEN, B. HOLMQUIST, P. ZURLO, and W. GREATBATCH: "Management of neurogenic bladder in paraplegic dogs by electrical stimulation of pelvic nerves." Invest. Urol. 4, 20 - 29 (1966)

STENBERG, C. C., H. W. BURNETTE, and R. C. BUNTS: "Electrical stimulation of human neurogenic bladders: experience with 4 patients." J. Urol. (Baltimore) 97, 79 - 84 (1967)

STÖHR, P.: "Über die Innervation der Harnblase und Samenblase beim Menschen. Zugleich ein Beitrag über die Beziehung zwischen Nerv und glatter Muskulatur." Z. ges. Anat. 78, 555 - 584 (1926)

SUSSET, J. G. and Z. N. BOCTOR: "Electrical stimulation of the bladder: an experimental study." Invest. Urol. 5, 20 - 29 (1967)

SUSSET, J. G. and Z. N. BOCTOR: "Implantable electrical vesical stimulator: clinical experience." J. Urol. (Baltimore) 673 - 678 (1968)

SUSSET, J. G., Z. N. BOCTOR, F. ROSARIO, H. RABINOVITCH, B. NAGLER, and K. J. MACKINNON: "Implantable electrical vesical stimulator: review of the literature and report of a successful case." Canad. Med. Ass. J. 95, 1128 - 1131 (1966)

TALIBI, M. A., R. DROLET, H. KUNOV, and C. H. ROBSON: "Model for studying the electrical stimulation of the urinary bladder of dogs." Brit. J. Urol. 42, 56 - 65 (1970)

TANAGHO, E. A. and D. R. SMITH: "The anatomy and function of the bladder neck." Brit. J. Urol. 38, 54 - 71 (1966)

TANAGHO, E. A., D. R. SMITH, and F. H. MEYERS: " The trigone: anatomical and physiological consideration 2. in relation to the bladder neck." J. Urol. (Baltimore) 100, 633 - 639 (1968)

TARABULCY, E.: " Bladder disturbances in multiple sclerosis and their management." Mod. Treatm. 7, 941 - 960 (1970)

TIMM, G. W. and W. E. BRADLEY: " Electromechanical restoration of the micturition reflex." IEEE Trans. Bio- med. Eng. 18, 274 - 280 (1971)

TIMM, G. W., W. E. BRADLEY, and J. ELFERT: " Photometric method of measurement of spread of excitation within the detrusor muscle." Invest. Urol. 7, 74 - 78 (1969)

TORBEY, K. and W. F. LEADBETTER: " Innervation of the bladder and lower ureter: studies on pelvic nerve section and stimulation in the dog." J. Urol. (Baltimore) 90, 395 - 404 (1963)

TSCHOLL, R., F. SCHREITER, und U. JONAS: " Direkte Stimulation des Detrusors mit einer simulierten Netzelektrode und trans-vasale Stimulation mit bipolaren Elektroden am Hund." Urologe Ausg. A, 5, 246 - 248 (1971)

URSILLO, R. C.: " Electrical activity of the isolated nerve-urinary bladder strip preparation of the rabbit." Amer. J. Physiol. 201, 408 - 412 (1961)

VERNET, G.: " Physiologie der Miktion." Z. Urol. 53, 181 - 202 (1960)

VERSARI, R.: " Recherches sur la tunique musculaire de la vessie et spécialement sur le muscle sphincter interne." Ann. Malad. Org. Gen. Urin. 15 Teil I 1089 - 1104, Teil II 1151 - 1175 (1897)

WEAR, J. B., R. KREUTZMANN, F. BARQUIN, and N. BERNHARDT:
" Observations on electrical stimulation of the canine bladder." J. Urol. (Baltimore) 97, 469 - 477 (1967)

WERTHEIMER, P. et L. MICHON: " La névrotomie du nerf hon-
teux interne. Indication, technique, résultats." J. Chir.
31, 497 - 509 (1928)

WESSON, M. B.: " Anatomical, embryological and physiological
studies of the trigone and neck of the bladder." J. Urol.
(Baltimore) 4, 279 - 307 (1920)

WIDMANN, W. D., W. W. GLENN, L. EISENBERG, and A. MAURO:
" Radio- frequency cardiac pacemaker." Ann. N. Y. Acad.
Sci. 111, 992 - 1006 (1964)

WISCHNEWSKI, A. A., A. W. LIWSCHITZ, und B. I. CHODOROW:
" Radio-frequente Stimulation der Harnblase im Experiment
und in der Klinik." Zbl. Chir. 92/ 48, 2917 - 2925 (1967)

WOODBURNE, R. T.: " Structure and function of the urinary
bladder." J. Urol. (Baltimore) 84, 79 - 85 (1960)

WOODBURNE, R. T.: " Anatomy of the bladder." The neurogenic
bladder. Williams & Wilkins, Baltimore Hrsg. S. Boyarski
1 - 17 (1967)

WOODBURNE, R. T.: " Anatomy of the bladder and bladder out-
let." J. Urol. (Baltimore) 100, 474 - 487 (1968)

ZINNER, N. R. and R. C. RITTER: " Bladder physiology." The
neurogenic bladder. Williams & Wilkins, Baltimore Hrsg.
S. Boyarski, 18 - 33 (1967)

Lebenslauf

Am 27. 9. 1945 wurde ich in Tailfingen/ Württ als Tochter des Rechtsanwaltes und Steuerberaters Dr. Hans Dürr und seiner Frau Elsbeth geboren.

Nach Besuch der Volksschule und des Gymnasiums Ebingen, bestand ich 1965 das Abitur, und begann mein Medizinstudium in Freiburg. Dort bestand ich 1967 die ärztliche Vorprüfung und setzte danach mein Studium an den Universitäten Innsbruck, Wien und München fort. In München legte ich 1971 das medizinische Staatsexamen ab. Danach hatte ich verschiedene Medizinalassistentenstellen inne, und bekam die Approbation als Arzt im Frühjahr 1974. Anschließend arbeitete ich als "intern" für ein Jahr in Baltimore.

CHAPTER I

The first part of the book is devoted to a general survey of the history of the subject. It begins with a brief account of the early attempts to explain the phenomena of life, and then proceeds to a more detailed consideration of the various theories which have been advanced from time to time. The author then discusses the progress of the science of life, and the various methods which have been employed to investigate its secrets. He then proceeds to a consideration of the various branches of the science of life, and the progress which has been made in each of them. The book concludes with a summary of the main results of the science of life, and a brief statement of the author's own views on the subject.

